



***CONTRATO N° 511 DE 2013***

***ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE UN CONJUNTO DE PLANCHAS A  
ESCALA 1:100.000 UBICADAS EN CUATRO BLOQUES DEL TERRITORIO NACIONAL,  
IDENTIFICADOS POR EL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO***

***PLANCHA 138– TAME***

**Medellín, junio de 2015**





**CONTRATO N°511 DE 2013**

**DIRECCIÓN DE GEOCIENCIAS BÁSICAS**

**ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE UN CONJUNTO DE PLANCHAS A  
ESCALA 1:100.000 UBICADAS EN CUATRO BLOQUES DEL TERRITORIO NACIONAL,  
IDENTIFICADOS POR EL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO**

**PLANCHA 138 –TAME**

***Elaborado por:***

**CONSORCIO GSG (GEOMINAS-SERVIMINAS-GEMI)**

*Humberto González Iregui. Ingeniero de Geología y Petróleos*

*Jorge Duque Pineda. Ingeniero Geólogo.*

*Juan Pablo Rincón. Geólogo.*

*Carolina Peláez Mejía. Geóloga.*

*Alejandro Suarez Gómez. Geólogo.*

*Wilmar Castro Rodríguez. Geólogo.*

*Wilson Vélez Giraldo. Ingeniero Geólogo*

**Medellín, junio de 2015**



## CONTENIDO

|                                                                              | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------|------|
| RESUMEN .....                                                                | 11   |
| ABSTRACT .....                                                               | 13   |
| INTRODUCCIÓN .....                                                           | 15   |
| 1 GENERALIDADES .....                                                        | 16   |
| 1.1 LOCALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA.....                                      | 16   |
| 1.2 TRABAJOS ANTERIORES .....                                                | 18   |
| 1.3 METODOLOGÍA.....                                                         | 19   |
| 1.3.1 Recopilación y revisión bibliográfica.....                             | 20   |
| 1.3.2 Revisión y complementación de la base topográfica e hidrográfica ..... | 20   |
| 1.3.3 Socialización del proyecto .....                                       | 20   |
| 1.3.4 Fotointerpretación y mapa imagen .....                                 | 22   |
| 1.3.5 Trabajos de campo.....                                                 | 23   |
| 1.3.6 Elaboración del mapa geológico .....                                   | 25   |
| 1.3.7 Redacción de memoria.....                                              | 25   |
| 1.4 PERSONAL PARTICIPANTE .....                                              | 25   |
| 1.5 AGRADECIMIENTOS .....                                                    | 26   |
| 2 GEOMORFOLOGÍA .....                                                        | 27   |
| 2.1 AMBIENTE ESTRUCTURAL .....                                               | 27   |
| 2.1.1 Estructural plegado (Sp) .....                                         | 27   |
| 2.1.2 Estructural plegado denudado (Spd) .....                               | 28   |
| 2.1.3 Estructural plegado anticlinal (Spa) .....                             | 29   |
| 2.2 AMBIENTE GLACIAR .....                                                   | 29   |
| 2.2.1 Superficie de erosión glaciar (Gseg).....                              | 30   |
| 2.3 AMBIENTE FLUVIAL.....                                                    | 30   |
| 2.3.1 Abanico aluvial (Faa).....                                             | 30   |
| 2.3.2 Terraza de acumulación (Fta) .....                                     | 30   |
| 2.3.3 Planicie de inundación (Fpi) .....                                     | 30   |

|        |                                                                      |    |
|--------|----------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.4  | Llanura de inundación (Fli) .....                                    | 31 |
| 3      | ESTRATIGRAFÍA .....                                                  | 32 |
| 3.1    | SERIE RIO NEGRO-UNE (K <sub>1</sub> rnu).....                        | 32 |
| 3.1.1  | Distribución geográfica y expresión geomorfológica .....             | 35 |
| 3.1.2  | Litología .....                                                      | 35 |
| 3.1.3  | Contactos.....                                                       | 41 |
| 3.1.4  | Origen, edad y correlación.....                                      | 41 |
| 3.2    | FORMACIÓN CAJA (N <sub>1</sub> c).....                               | 42 |
| 3.2.1  | Distribución geográfica y expresión geomorfológica .....             | 42 |
| 3.2.2  | Litología .....                                                      | 42 |
| 3.2.3  | Contactos.....                                                       | 44 |
| 3.2.4  | Origen, edad y correlación.....                                      | 44 |
| 3.3    | FORMACIÓN LA CORNETA (Q <sub>1</sub> co).....                        | 44 |
| 3.3.1  | Distribución geográfica y expresión geomorfológica .....             | 44 |
| 3.3.2  | Litología .....                                                      | 45 |
| 3.3.3  | Contactos.....                                                       | 45 |
| 3.3.4  | Origen, edad y correlación.....                                      | 45 |
| 3.4    | DEPÓSITOS CUATERNARIOS .....                                         | 46 |
| 3.4.1  | Depósitos fluvioglaciares (Q <sub>1</sub> fg) .....                  | 46 |
| 3.4.2  | Depósitos aluviales antiguos (Q <sub>1</sub> al).....                | 47 |
| 3.4.3  | Depósitos de abanicos inferiores (Q <sub>1</sub> abi) .....          | 47 |
| 3.4.4  | Depósitos de abanicos superiores (Q <sub>1</sub> abs) .....          | 48 |
| 3.4.5  | Planicies aluviales recientes (Q <sub>1</sub> pal).....              | 48 |
| 3.4.6  | Depósitos aluviales en llanuras inundables (Q <sub>2</sub> aa) ..... | 48 |
| 3.4.7  | Depósitos aluviales recientes (Q <sub>2</sub> al).....               | 49 |
| 4      | GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....                                           | 50 |
| 4.1    | ZONA OCCIDENTAL DE GRAN COMPRESIÓN.....                              | 50 |
| 4.1.1  | Monoclinal Bachira .....                                             | 50 |
| 4.1.2  | Monoclinal Mortinal.....                                             | 50 |
| 4.1.3  | Monoclinal Uruguay .....                                             | 50 |
| 4.1.4  | Monoclinal Culaticas .....                                           | 51 |
| 4.1.5  | Monoclinal La Laja.....                                              | 51 |
| 4.1.6  | Monoclinal Colorada .....                                            | 51 |
| 4.1.7  | Monoclinal Tuneba .....                                              | 51 |
| 4.1.8  | Monoclinal Salitre .....                                             | 51 |
| 4.1.9  | Monoclinal Tocoragua .....                                           | 53 |
| 4.1.10 | Monoclinal Tate .....                                                | 53 |

## SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

|        |                                        |    |
|--------|----------------------------------------|----|
| 4.1.11 | Falla Bachira .....                    | 53 |
| 4.1.12 | Falla Mortinal .....                   | 53 |
| 4.1.13 | Falla Culaticas .....                  | 53 |
| 4.1.14 | Falla Uruguay.....                     | 53 |
| 4.1.15 | Falla de Chucarima.....                | 54 |
| 4.1.16 | Falla Tuneba .....                     | 54 |
| 4.1.17 | Falla Salitre.....                     | 54 |
| 4.1.18 | Falla Tocoragua.....                   | 54 |
| 4.1.19 | Falla Esmeralda.....                   | 54 |
| 4.1.20 | Falla La Laja .....                    | 55 |
| 4.1.21 | Falla Guaicáramo .....                 | 55 |
| 4.2    | ZONA CENTRAL DE PLIEGUES AMPLIOS ..... | 56 |
| 4.2.1  | Anticlinal Corozal .....               | 56 |
| 4.2.2  | Sinclinal de Zamaricote .....          | 56 |
| 4.2.3  | Falla Casirvita .....                  | 57 |
| 4.2.4  | Falla Paz de Ariporo .....             | 57 |
| 4.2.5  | Falla del Borde Llanero.....           | 57 |
| 4.3    | ZONA LLANOS ORIENTALES .....           | 58 |
| 4.4    | NEOTECTONICA .....                     | 58 |
| 5      | GEOLOGÍA ECONÓMICA .....               | 59 |
| 5.1    | HIDROCARBUROS .....                    | 59 |
| 5.2    | MINERALES INDUSTRIALES.....            | 59 |
| 5.2.1  | Agregados pétreos.....                 | 60 |
| 5.2.2  | Arcillas.....                          | 62 |
| 5.2.3  | Calizas .....                          | 62 |
| 6      | SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO .....      | 63 |
| 7      | EVOLUCIÓN GEOLÓGICA .....              | 64 |
| 8      | CONCLUSIONES.....                      | 67 |
|        | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....        | 68 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1. Localización y vías de acceso, Plancha 138 – Tame.....                                                                                                               | 17   |
| Figura 2. Resguardos indígenas y parques nacionales naturales en la Plancha 138 – Tame. ....                                                                                   | 21   |
| Figura 3. Mapa de líneas de vuelo de fotografías aéreas de la Plancha 138 – Tame. ....                                                                                         | 23   |
| Figura 4. Mapa de unidades geomorfológicas de la Plancha 138 – Tame. ....                                                                                                      | 28   |
| Figura 5. Columna generalizada de la Plancha 138 – Tame. ....                                                                                                                  | 33   |
| Figura 6. Esquema facial de las formaciones Lutitas de Macanal, Arenisca de Las Juntas, Río Negro, Une (modificado Ulloa & Arias, 1998). ....                                  | 34   |
| Figura 7. Columna estratigráfica de la Formación Río Negro (modificada de Fabre, 1981). ....                                                                                   | 36   |
| Figura 8. Columna estratigráfica de un segmento de la Serie Río Negro-Une en el caño Garcita.....                                                                              | 38   |
| Figura 9. Columna estratigráfica de una parte de la Serie Río Negro-Une, en una sección del río Tate. ....                                                                     | 40   |
| Figura 10. Esquema estructural de la Plancha 138 – Tame.....                                                                                                                   | 52   |
| Figura 11. Localización de los pozos exploratorios del campo LLA 4, Plancha 138 – Tame. ....                                                                                   | 60   |
| Figura 12. Periodos sedimentarios y movimientos de compresión y distensión de la parte centro oriental de la Cordillera Oriental (modificado de Ulloa & Rodríguez, 1976). .... | 65   |

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

|                                                                                                                                                                                                                                                             | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Fotografía 1.</b> Valle en U en la unidad Estructural plegado denudado (Spd), también se observan depósitos de vertiente. Estación REA-0002, 1 208 204 m.N y 882 890 m.E. ....                                                                           | 29   |
| <b>Fotografía 3.</b> Al fondo la unidad Estructural plegado denudado (Spd), en la base parte de la unidad de Terraza de acumulación (Fta) e inicio de la unidad de Abanico aluvial (Faa). Vista desde la estación ASG-0111, 1 203 713 m.N y 914 201 m.E. 31 |      |
| <b>Fotografía 4.</b> Morfología de relieve en alta montaña de la Serie Rio Negro - Une, formando vertientes largas, empinadas y rectas, con vegetación periglacial, Estación RAR-0137, 1 208 117 m.N y 881 000 m.E.....                                     | 35   |
| <b>Fotografía 5.</b> Arenisca conglomerática con clastos de cuarzo subredondeados, de la Serie Rio Negro-Une. Estación CPM-0205, 1 215 193 m.N y 913 294 m.E. ....                                                                                          | 37   |
| <b>Fotografía 6.</b> Cuarzoarenita de la Serie Rio Negro-Une. Muestra CPM-0205-R, cristales de cuarzo (Qtz) dentro de una matriz arcillosa. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados. ....                                                                 | 39   |
| <b>Fotografía 7.</b> Areniscas en estratos medianos a gruesos de la Serie Rio Negro-Une, en la Margen izquierda del río Tate. Estación CGM-0115, 1 211 598 m.N y 906 932 m.E. ....                                                                          | 39   |
| <b>Fotografía 8.</b> Pendiente suave y alargada de la Formación Caja, Vereda Angosturas. Estación WCR-0101, 1 217 996 m.N y 925 758 m.E.....                                                                                                                | 43   |
| <b>Fotografía 9.</b> Areniscas lodosas de la Formación Caja con manchas de óxidos, vereda La Garcita. Estación CPM-0156, 1 1214 757 m.N y 920 592 m.E. ....                                                                                                 | 43   |
| <b>Fotografía 10.</b> Panorámica de la geoforma de terraza incisada, Formación La Corneta. Estación CPM-0161, 1 213 024 m.N y 922 800 m.E. ....                                                                                                             | 45   |
| <b>Fotografía 11.</b> Afloramiento donde se observan cantos de la Formación La Corneta. Estación WCR-0104, 1 204 100 m.N y 922 938 m.E.....                                                                                                                 | 46   |
| <b>Fotografía 12.</b> Bloques de areniscas conglomeráticas. Estación CPM-0174, 1 214 706 m.N y 916 786 m.E. ....                                                                                                                                            | 47   |
| <b>Fotografía 13.</b> Paisaje plano donde se observa la llanura parcialmente inundada, característico de los depósitos aluviales en llanuras inundables asociadas a material orgánico. Estación ASG-0186, 1 202 417 m.N y 939 066 m.E. ....                 | 48   |

|                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Fotografía 14.</b> Cantos rodados de arenisca, de tamaño entre bloques y guijos, con arena media, color naranja. Río Tame. Estación WCR-0079, 1 201 426 m.N y 926 35 m.E. ....    | 49 |
| <b>Fotografía 15.</b> Trazo de la Falla Guaicáramo. Estación SMC-0084, 1 209 582 m.N y 913 159 m.E. ....                                                                             | 55 |
| <b>Fotografía 16.</b> Bloques y cantos de arenisca que se explotan en la Cantera Mararabe, vereda Santa Elena, municipio de Tame. Estación WCR-0096, 1 206 146 m.N 923 103 m.E. .... | 61 |
| <b>Fotografía 17.</b> Detalle del material de arrastre explotado en el río Cravo Norte, vereda Santa Elena, municipio de Tame. Estación WCR-0093, 1 210 783 m.N y 923 870 m.E. ....  | 61 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                              | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Tabla 1.</b> Coordenadas de localización de la Plancha 138 – Tame. Sistema de referencia Magna Colombia origen Este. .... | 16   |
| <b>Tabla 2.</b> Listado de fotografías aéreas en la Plancha 138 – Tame. ....                                                 | 22   |
| <b>Tabla 3.</b> Análisis de laboratorio realizados en la Plancha 138 - Tame. ....                                            | 24   |
| <b>Tabla 4.</b> Correlación de las unidades aflorantes en la Plancha 138 – Tame. ....                                        | 34   |

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Inventario de recopilación bibliográfica

Anexo B. Informe de socialización

Anexo C. Libretas de campo

Anexo D. Libreta digital

Anexo E. Mapa de estaciones a escala 1:100.000

Anexo F. Listado de muestras

Anexo G. Mapa de muestras a escala 1:100.000

Anexo H. Columnas estratigráficas

Anexo I. Mapa de muestras con secciones delgadas a escala 1:100.000

Anexo J. Reporte de análisis de laboratorio

Anexo K. Mapa geológico a escala 1:100.000

Anexo L. Mapa geológico y estaciones a escala 1:100.000

.

## **RESUMEN**

La Plancha 138 Tame está ubicada en el flanco este de la Cordillera Oriental de Colombia, donde presenta una topografía escarpada de colinas alargadas y valles en V profundo en la parte occidental con alturas entre 3 200 y 2 000 m sobre el nivel del mar. La parte central muestra una topografía de suaves colinas, con alturas entre 1 500 y 1 000 m sobre el nivel del mar y la parte oriental con una topografía plana, correspondiente a los Llanos Orientales, con alturas entre 400 a 600 m sobre el nivel del mar.

Morfo genéticamente se distinguieron los siguientes ambientes: estructural, con las unidades estructural plegado, estructural plegado denudado y estructural plegado anticlinal; glaciar, con la unidad de superficie de erosión glaciar y fluvial, con las unidades Abanico aluvial, Terraza de Acumulación, Planicie de inundación y Llanura de inundación.

Estratigráficamente se reconocieron unidades del Cretáceo inferior, Neógeno y Cuaternario, correspondientes a la Serie Rio Negro-Une, del Cretáceo inferior, que se encuentra en contacto fallado con las formaciones Caja y La Corneta, del Neógeno a Cuaternario. El área norte de la Cordillera Oriental, entre Cocuy y Tame, se comportó en el cretáceo, durante el Valanginiano al Cenomaniano como parte de un miogeosinclinal que sufrió transgresiones y regresiones y recibió aportes de terrígenos, principalmente arenitas de cuarzo, en ambientes litorales a deltaicos y que corresponden a la serie Rio Negro-Une. Durante el Turoniano, los depósitos deltaicos y litorales dieron paso a ambientes litorales que recibieron aportes de limolitas y arcillolitas, ricas en materia orgánica, que corresponden a las unidades Chipaque y Palmichal. A finales del Cretáceo, la Cuenca debió de colmatarse y comenzó a recibir aportes continentales de ríos y pantanos que corresponden a las unidades Arcillas del Limbo, Areniscas del Limbo, San Fernando, Diablo y Caja. Durante el Plioceno, el área debió sufrir grandes desplazamientos hacia el oriente, donde los estratos de Cretáceo cabalgaron unidades del Cretáceo superior, Neógeno y Paleógeno, correspondiente a la fase de la Orogenia Andina.

Tectónicamente, se han diferenciado tres zonas con diferente estilo tectónico, el occidental, limitado al oriente por la falla de Guaicaramo, y al occidente por la Serranía del Cocuy. En estas se distinguieron varios monoclinales con dirección nororiente 20 a 30 grados y limitados por fallas inversas, inclinadas hacia el suroriente y noroccidente.

La parte central del área se caracteriza por presentar pliegues amplios de gran extensión, como el sinclinal de Zamaricote y el anticlinal de Corozal, los cuales están limitados por fallas inversas, buzando hacia el occidente, como la falla de Paz de Ariporo y falla del Borde Llanero. La parte oriental, se caracteriza en superficie por presentar tierras planas y en subsuelo capas subhorizontales. Esta zona está limitada con la central, por medio de la falla del Borde Llanero.

Los principales recursos del área corresponden a la cuenca petrolera del Meta, con gas y petróleo y en el área de la plancha se efectuaron varios pozos exploratorios, tales como Capacho 1, Capacho Sur-1 y Tame y minerales industriales como arenas silíceas, gravas, bloques, triturados y arcillas, y tiene un potencial grande en aguas subterráneas.

## ABSTRACT

*The 138 Map - Tame is located in the Eastern Cordillera (Colombia). At western, the topography is steep, with elongate hills and V valleys; the area has elevations between 3200 m and 2000 m above sea level. Central zone shows low hills with altitude between 1500m and 1000 m above sea level. Finally the eastern zone is a flat land, corresponding to Llanos Orientales (Eastern plains), with elevations between 400 m to 600 m above sea level.*

*Three morphogenetic environments were differentiated: structural with folded and denudated folded and folded anticline units; glacier, with the unit area of glacial erosion and fluvial environment with alluvial fans, aggradation terraces and floodplains units.*

*Lower Cretaceous, Neogene and Quaternary lithostratigraphic units were identified corresponding to Rio Negro – Une series (Lower Cretaceous), in faulting contact with (Neogene - Quaternary) Caja and Corneta formations. During Valanginian and Cenomanian the north area of the Eastern Cordillera, between Cocuy and Tame towns, was developed as a miogeosyncline affected by marine transgressions and regressions of continental sediments, mainly quartz sands in littoral to deltaic environments, these corresponds to Rio Negro – Une series. During Turonian deltaic and littoral deposits make way to littoral environments. These deposits of mudstones and claystones with high organic matter content, corresponds to Chipaque and Palmichal units. At the end of cretaceous, this basin probably silting and continental deposition began in fluvial and swamp environments. These deposits correspond to Arcillas del Limbo, Areniscas del Limbo, San Fernando, Diablo and Caja formations. During Pliocene, the area was moved toward east wherein Cretaceous series overthrust Upper Cretaceous, Paleogene and Neogene units. This event was the main uplift of Andean Orogeny.*

*Three structural stiles were interpreted. The western one limited to the east by Guaicaramo Fault and at the west by Cocuy Ridge, it shows many monoclinals with N20°E to N30°E trends, dipping toward southeast and to the northwest, and limited by reverse faults. Central zone is characterized by wide folds as Zamaricote syncline and Corozal anticline, which are bordered by west dipping reverse faults, as Paz de Ariporo and Borde Llanero faults. Eastern zone is characterized by flat lands, in surface, and subhorizontal layers in the subsurface; this zone is separated of central zone by Borde Llanero Fault.*

*Main resources of the area are in the Meta oil basin, it includes oil & gas. In the map area many exploratory wells were drilled, as Capacho 1, Capacho Sur-1 and Tame. Other resources are industrial materials as siliceous sandstones, gravels, boulders and claystones. Another non explored resource is groundwater that shows a good potential.*

## **INTRODUCCIÓN**

El Servicio Geológico Colombiano – SGC –, entidad adscrita al Ministerio de Minas y Energía, otorgó el contrato 511 de 2013 al consorcio GSG, integrado por las empresas de consultoría Geominas S.A., Serviminas S.A.S. y Gemi S.A.S, para la elaboración cartográfica a escala 1:100 000 de un conjunto de planchas distribuidas en cuatro bloques del territorio colombiano. La Plancha 138 – Tame hace parte del denominado Bloque 3 Santander Arauca Casanare, con una extensión de 2 400 km<sup>2</sup>.

Como soporte al trabajo de cartografía geológica en campo se adelantaron de forma simultánea las labores de socialización del proyecto de manera que se contará con el apoyo de la comunidad para el buen término del mismo.

La geología se describe en las unidades litológicas aflorantes, las estructuras que las afectan y su relación, además se realiza un acercamiento a la identificación de posibles recursos naturales tanto renovables, como no renovables, principalmente para la exploración de hidrocarburos y pozos de agua, de igual manera, la información colectada se utiliza en la delimitación de zonas de riesgo geológico y la importancia del conocimiento y la orientación del uso del suelo.

Algunos aspectos como la evolución geológica de la zona están involucrados en la determinación del modelo estructural actual, como base para la interpretación del potencial económico de la región.

## 1 GENERALIDADES

Este capítulo presenta algunos aspectos referentes a la localización e infraestructura, trabajos anteriores, método de trabajo, personal participante y agradecimientos a las personas y entidades que contribuyeron al desarrollo de este proyecto.

### 1.1 LOCALIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA

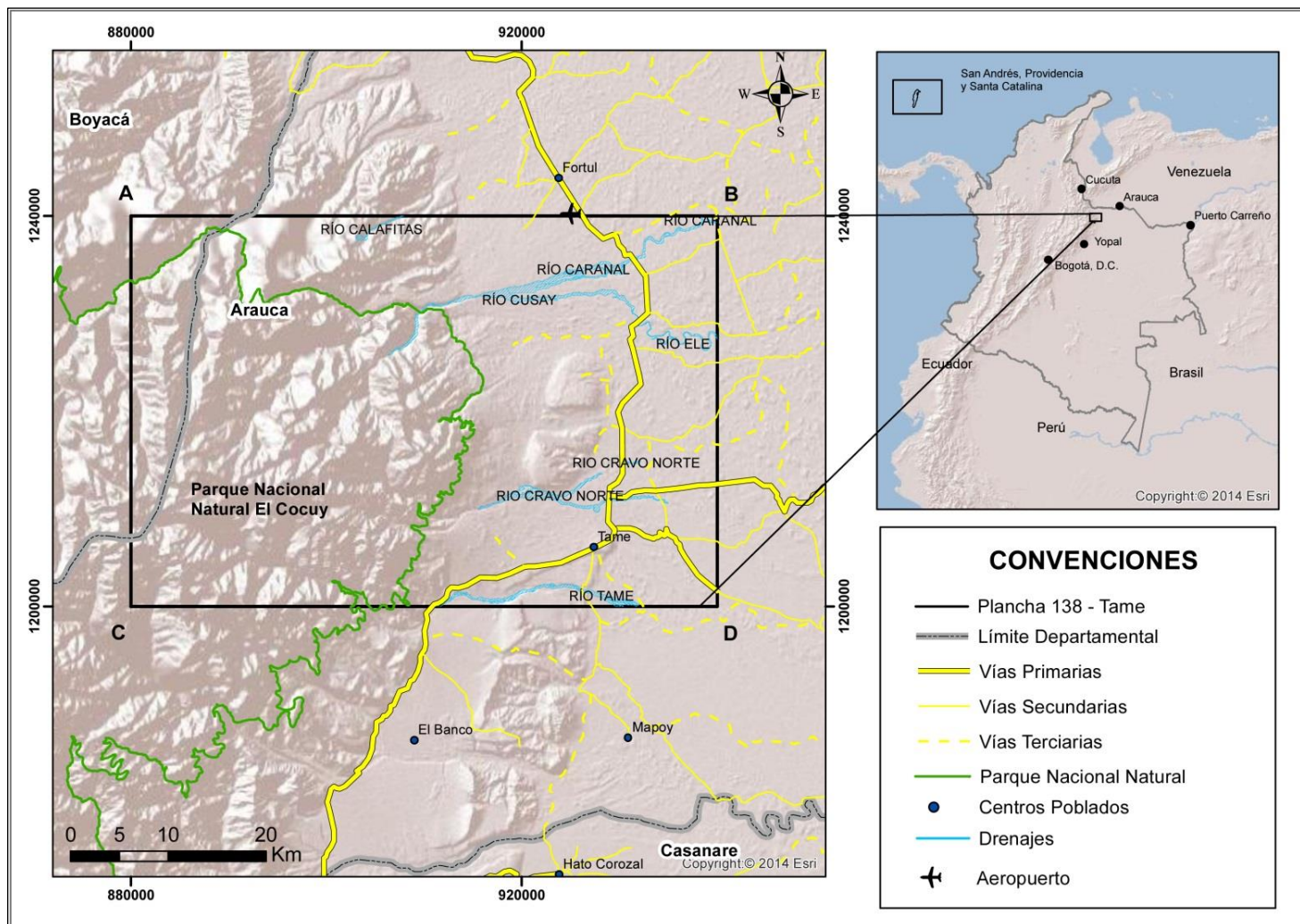
La Plancha 138 – Tame a escala 1:100 000 está localizada al Este de la Cordillera Oriental - Piedemonte Llanero (Colombia), en los departamentos de Santander, Norte Santander, Boyacá, Arauca y Casanare cubriendo parte de los municipios de Tame (60%), Fortul (32%) y Saravena (0,2%) en el departamento de Arauca y Güicán (7%), y Cubara (0,8%) en el departamento de Boyacá (Figura 1).

Tiene un área de 2 400 km<sup>2</sup> y está limitada por las coordenadas planas con Datum MAGNA-SIRGAS origen Este, usando proyección Conforme de Gauss como se indica en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Coordenadas de localización de la Plancha 138 – Tame. Sistema de referencia Magna Colombia origen Este.

| Punto | Norte (m.N) | Latitud        | Este (m.E) | Longitud         |
|-------|-------------|----------------|------------|------------------|
| A     | 1 240 000   | 6° 45' 54,94"N | 880 000    | 72° 9' 46,55" W  |
| B     | 1 240 000   | 6° 45' 58,21"N | 940 000    | 71° 37' 12,88" W |
| C     | 1 200 000   | 6° 24' 16,14"N | 940 000    | 71° 37' 11,46" W |
| D     | 1 200 000   | 6° 24' 13,05"N | 880 000    | 72° 9' 43,73" W  |

Los resguardos indígenas ubicados en la Plancha 138 – Tame, cubren alrededor de un 20% del área, siendo estos: Cibariza, Laguna Tranquila, Valles del Sol, Unido U'wa, Angostura, Caño Claro e Iguanitos. En su mayoría se encuentran ubicados en la zona de piedemonte. El 45% del total del área corresponde al Parque Nacional Natural El Cocuy; los resguardos Cibariza, Laguna Tranquila, Valles del Sol y Unido U'wa se encuentran dentro del área de Parques Nacionales Naturales.



**Figura 1.** Localización y vías de acceso, Plancha 138 – Tame.

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

Plancha 138 – Tame. Memoria Explicativa

Al área se puede acceder por sistemas de transporte terrestre y aéreo. Los departamentos de Santander, Arauca y Casanare poseen un sistema vial regional terrestre que comunican varios municipios.

La principal vía terrestre es la Carretera Marginal de la Selva en su tramo de la Troncal del Llano, que une a La Uribe (Meta) con Saravena (Arauca). Esta importante vía pavimentada, que actualmente se encuentra en buen estado, conduce directamente a las cabeceras municipales de Tame y Fortul en Arauca.

El municipio de Tame presenta un plan vial regional conformado por la vía Ruta de Los Libertadores, la cual comunica y atraviesa los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Casanare y Arauca. Esta vía se encuentra pavimentada desde la cabecera municipal de Tame hasta el caserío de la Cabuya con una longitud de 57 km. Este caserío se encuentra en la vía Hato Corozal – Sácama.

El Departamento de Arauca en general cuenta con otras vías de acceso y caminos de herradura, que facilitan el acceso a los diferentes resguardos. El acceso a la zona de piedemonte se realiza por caminos elaborados por los indígenas, adaptándolos a la topografía y vegetación, y por los lechos de las quebradas.

El acceso por vía aérea se puede realizar a través de los aeropuertos Gabriel Vargas Santos, situado en el municipio de Tame y el aeropuerto Santiago Pérez Quiroz del municipio de Arauca, ubicado al noreste por fuera de la plancha. Como otra alternativa se puede utilizar el aeropuerto de la ciudad de Yopal que se encuentra al sur de esta plancha, a 221 km.

### 1.2 TRABAJOS ANTERIORES

En el área de la plancha y en sus alrededores se han realizado varios trabajos de tipo geológico y geomorfológico entre los que se destacan las siguientes:

- Mapa geológico del NW de los Llanos a escala 1:100 000, elaborado por Wilson (1955), en trabajo para la Shell - Cóndor, donde se muestran las unidades litoestratigráficas y las estructuras más importantes asociadas al sistema de fallas del Borde Llanero.
- Geología del cuadrángulo K-13 (Tauramena) (Ulloa & Rodríguez, 1976), donde se describe la geología del borde oriental de la Cordillera Oriental y del Borde Llanero.
- Geología del área de Yopal, Cocuy y Saravena, realizado por Ulloa & Arias (1998, documento interno, GEOSUR Ltda) donde se describe las unidades cretácicas y cenozoicas explicando los cambios faciales y los principales accidentes tectónicos del área.

- Geología Regional de la Sierra Nevada del Cocuy Plancha 137 - El Cocuy, escala 1:100 000 (Fabre, 1981), Departamento de Boyacá e Intendencia en Arauca, descripción e interpretación de las características litológicas, petrográficas y paleontológicas de la serie sedimentaria de la Sierra Nevada del Cocuy y sus alrededores.
- Sismotectónica de Colombia: deformación continental activa y subducción, (INGEOMINAS, 1998), donde se muestra cómo la distribución de la sismicidad delinea en el continente, los cabalgamientos convergencia opuesta paralelos a los piedemontes que ponen en evidencia el levantamiento y frentes de deformación asociados a la convergencia de las placas de Nazca, Caribe y Sudamérica.
- Mapa Geológico Generalizado del Departamento de Arauca a escala 1:250 000, (Reyes & Cardozo, 2000), donde están las rocas sedimentarias identificadas, que varían desde el Paleozoico Superior hasta el Reciente, constituido por las cuencas del Borde Llanero y Llanos Orientales.
- Atlas Geológico de Colombia Plancha 5-10, Escala 1:500 000 (2007), realizado por el INGEOMINAS, donde se plasma en un mapa la distribución de las rocas y materiales superficiales no litificados, y las estructuras que los afectan.
- Sistema de Fallas del Frente Oriental Andino, Atlas de Deformaciones Cuaternarias de Los Andes (Diederix & Romero, 2009), donde se plasman las principales expresiones geomorfológicas y se mencionan los aspectos neotectónicos en el sector de Tame en el piedemonte de la Saliente del Cocuy
- Evaluación del potencial hidrocarburífero de las cuencas colombianas (2009), elaborado por Universidad Industrial de Santander en convenio con ANH y FONADE, este trabajo hace una revisión de la información geológica, geofísica y geoquímica, con el fin de establecer los diferentes sistemas petrolíferos y llevar a cabo un cálculo del potencial de hidrocarburos presentes en las cuencas colombianas.
- Memoria Técnica de la Plancha 5-10, Mapa de Permeabilidades de Colombia en Escala 1:500 000 (2010), realizado por el INGEOMINAS, se hace un análisis cualitativo de la permeabilidad de los sedimentos y rocas según su génesis, edad, litología y grado de fracturamiento.

### 1.3 METODOLOGÍA

El trabajo de cartografía de la Plancha 138 – Tame, se desarrolló en las siguientes etapas: revisión de la información existente, elaboración del mapa fotogeológico y socialización, posterior a esto se realizó el trabajo de campo y la última etapa fue la elaboración del mapa geológico y la memoria de la plancha.

### 1.3.1 Recopilación y revisión bibliográfica

Esta etapa contempló la compilación, revisión y análisis de la información secundaria referente al área de trabajo, la búsqueda de la información se apoyó en la revisión y análisis de informes técnicos, artículos, trabajos de grado, proyectos de investigación, mapas, libros, publicaciones y páginas web de entidades estatales como el SGC, ANH, IGAC y universidades, entre otros. El soporte de la actividad de recopilación, se resume en un formato con los análisis de los trabajos revisados (Anexo A).

### 1.3.2 Revisión y complementación de la base topográfica e hidrográfica

Como base para el trabajo de campo se utilizaron las bases cartográficas a escala 1:25 000 disponibles en el IGAC, en algunas de éstas planchas faltaba información cartográfica o hidrográfica, la cual se complementó a partir del DEM entregado por el SGC con una resolución de 30 m, el cual permitió generar curvas de nivel cada 25 m y completar los drenajes faltantes, con el apoyo de la base cartográfica a escala 1:100 000.

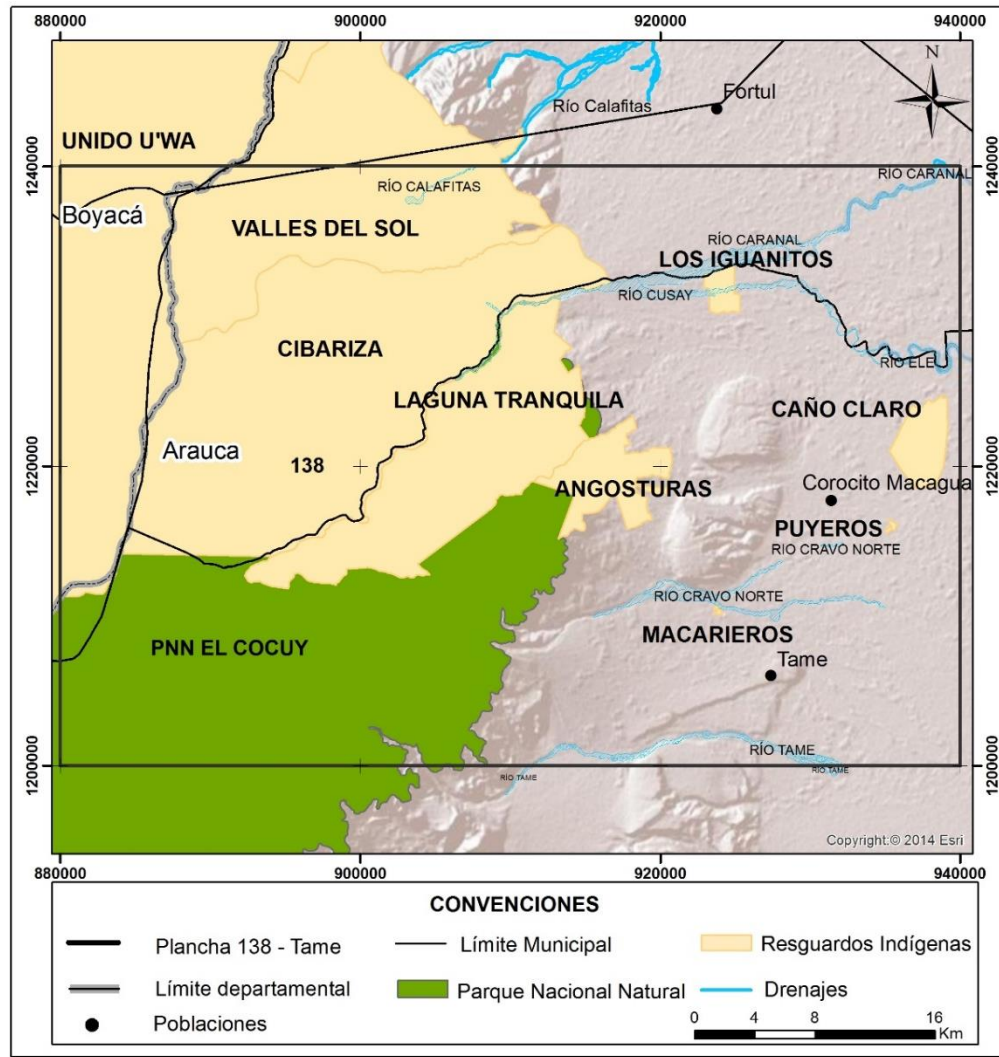
### 1.3.3 Socialización del proyecto

Para la socialización del proyecto en la Plancha 138-Tame, es importante tener en cuenta la diversidad cultural y de territorio, estructuras políticas y de poder que marcó una diferencia en la planificación, diseño y ejecución durante el proceso de socialización y el mismo objeto del estudio que se adelantó simultáneamente (Anexo B). En el 50% del área de la plancha se da la presencia de resguardos indígenas y parques naturales (Figura 2).

Durante este proceso se presentaron ciertas dificultades como: los problemas de orden público, la presencia tradicional de actores sensibles, los limitados accesos a la zona rural lejana y la aversión de los habitantes a la presencia de empresas multinacionales del sector petrolero generando desconfianza para el desarrollo del proceso de cartografía.

Adicionalmente en el sector oeste de la plancha se dificultó la implementación del estudio, por el actual fenómeno social de desplazamiento y consecuente invasiones de terrenos en las veredas y la reticencia a permitir el paso. Durante la fase de campo se realizó el Paro Agrario Nacional que duro aproximadamente un mes, dificultando aún más el proceso de socialización y el mismo trabajo de campo.

El dominio territorial y político de grupos armados al margen de la ley en la zona, dificultan cualquier acción en la ejecución de proyectos estatales. Este factor se convierte en un elemento clave para entender la situación de orden público.



**Figura 2.** Resguardos indígenas y parques nacionales naturales en la Plancha 138 – Tame.

Para la socialización en las comunidades indígenas Valles del Sol y Cibariza, pertenecientes a la etnia U’wa, se tuvieron en cuenta las características históricas, culturales y de conformación legal de los resguardos. Con un esfuerzo social y de la mano de los líderes indígenas y respetando el debido proceso por parte del Consorcio, se logró la aprobación de la Etnia para ingresar a su territorio.

Es importante resaltar que al interactuar con las comunidades pertenecientes a la Plancha 138-Tame y con un enfoque educativo, se logró dar claridad a los diferentes actores sociales sobre la importancia del estudio y cambiar en algo la imagen negativa y el conocimiento de la región. La información arrojada por el estudio será un insumo básico para los EOT y Gestión del Riesgo de los entes municipales y para el Plan de Vida de los resguardos indígenas.

### 1.3.4 Fotointerpretación y mapa imagen

Como base para el diseño del trabajo de campo se utilizó el mapa fotogeológico de la Plancha 138 – Tame, el cual se obtuvo a partir de la información de cartografía geológica disponible y del análisis e interpretación de información espacial, entre la cual se incluyen modelos numéricos de terreno (DEM), fotografías aéreas e imágenes de sensores remotos, siguiendo un proceso sistemático.

Para las áreas sin información topográfica o hidrográfica, se empleó el DEM, para generar las curvas de nivel cada 25 m y a partir de estas curvas se dibujaron los drenajes.

Como apoyo para el proceso de fotointerpretación se adquirieron cartas geológicas departamentales en escala 1:250 000 del SGC, se consultaron los mapas geológicos de Colombia a escala 1:1 500 000 (Barrero *et al.*, 1976) y 1:1 000 000 (Gómez *et al.*, 2007).y de igual manera se emplearon las cartas geológicas a escala 1:500 000 del Atlas Geológico de Colombia (Gómez *et al.*, 2007).

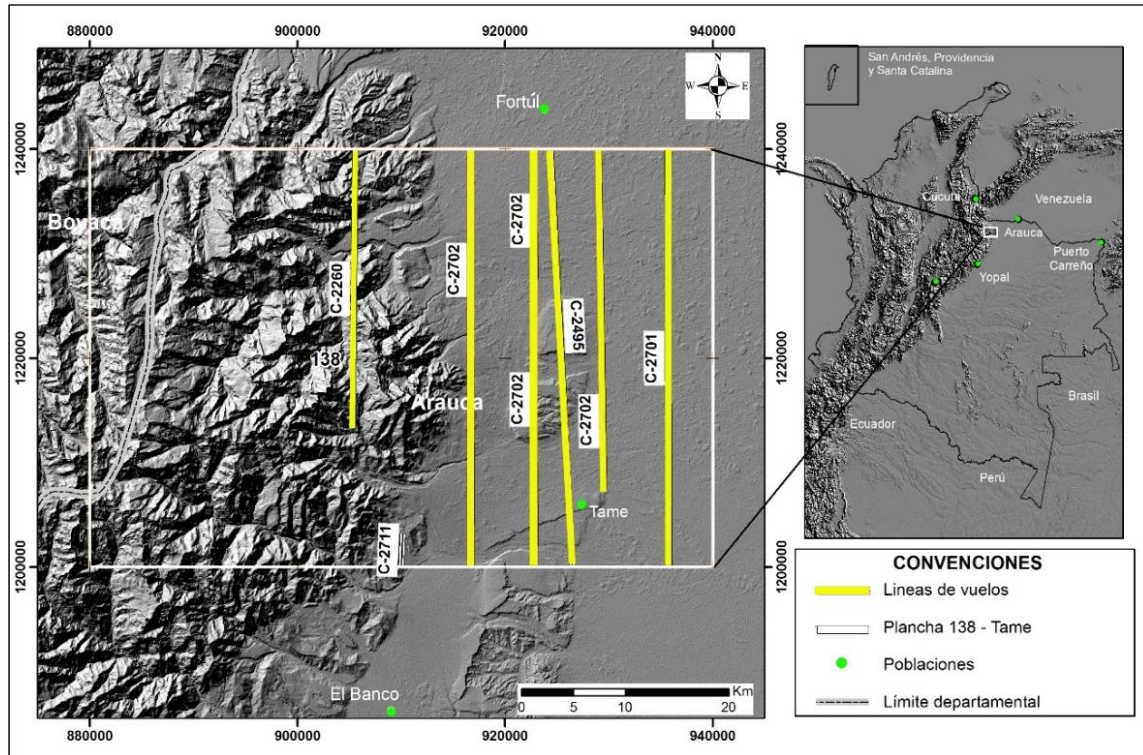
Para la Plancha 138 – Tame, se contó con cinco líneas de vuelo, de las cuales se utilizaron 4 líneas con 37 fotografías aéreas que cubren alrededor de un 60% de la plancha, principalmente en el extremo oriental del área (Figura 3), en la Tabla 2 se presenta el listado de ellas.

**Tabla 2.** Listado de fotografías aéreas en la Plancha 138 – Tame.

| Vuelo  | Departamento | Escala     | Fotos         | Total |
|--------|--------------|------------|---------------|-------|
| C-2260 | Arauca       | 1 : 30 000 | 82-93         | 12    |
| C-2495 | Arauca       | 1 : 30 000 | 78-85         | 8     |
| C-2702 | Arauca       | 1 : 30 000 | 67-73 y 77-86 | 17    |

Las fotografías aéreas permitieron delimitar las zonas de depósitos aluviales, prolongar contactos, definir unidades geomorfológicas y datos estructurales que mejoran el modelo geológico de la plancha.

Las imágenes Landsat utilizadas fueron capturadas entre los años 1992 y 2001; se realizaron procedimientos numéricos para el mejoramiento de la imagen, HSV, relación entre bandas y análisis de componentes principales – ACP -, entre otros tipos de mejoramientos que permitieron delimitar con mayor precisión los depósitos aluviales.



**Figura 3.** Mapa de líneas de vuelo de fotografías aéreas de la Plancha 138 – Tame.

Las imágenes Aster fueron capturadas entre los años 2004 y 2014, corresponden al visible e infrarrojo cercano, en tres bandas de 15 m de resolución espacial.

La planificación del trabajo de campo realizó en los mapas fotogeológicos a escala 1:100 000 y en la red vial e hídrica de las planchas a escala 1:25 000 del IGAC, de tal manera que los recorridos y transectas permitieran la descripción y caracterización de las unidades geológicas, el control de los contactos entre éstas y registro de los aspectos más relevantes de los rasgos estratigráficos, estructurales y económicos.

A partir de la red de drenajes de las planchas a escala 1:25 000 se delimitaron las cuencas hidrográficas y se indicaron las estaciones donde se planifica tomar las muestras de sedimentos activos.

### 1.3.5 Trabajos de campo

Durante la etapa de trabajo de campo, así como la selección y envío de muestras para análisis de laboratorio y se inició la interpretación de resultados. La cartografía geológica se levantó sobre planchas topográficas del IGAC a escala 1:25 000, esta información luego fue llevada a planchas topográficas a escala 1:100 000.

En general, las actividades de campo, recorridos y transectas, se realizaron durante los meses de mayo a julio, se efectuaron a través de vías, caminos, ríos y quebradas en las que se tomaron las estaciones de control y se recolectaron las muestras geológicas para los diferentes análisis, esta información fue plasmada en libretas de campo (Anexo C), se utilizaron formatos digitales los cuales se muestran en el Anexo D. Para el control geológico, se levantó una estación cada 3 km<sup>2</sup> aunque esto varió según las condiciones de campo (accesibilidad, presencia de actores sensibles, permisos de ingreso a predios y/o resguardos indígenas). En el Anexo E se presenta el mapa de estaciones a escala 1:100 000 de la Plancha 138 - Tame.

El Anexo F contiene la relación de las 448 muestras recolectadas en esta plancha, donde 55 corresponden a muestras de roca, 386 a muestras de suelo y 7 muestras de sedimentos activos fino. El Anexo G muestra el mapa de localización de muestras a escala 1:100 000.

Se levantaron columnas estratigráficas en aquellos sitios donde se observó una buena exposición de las unidades (Anexo H).

De las muestras tomadas se escogieron 47 muestras para realizar diferentes tipos de análisis (Tabla 3).

**Tabla 3.** Análisis de laboratorio realizados en la Plancha 138 - Tame.

| Tipo de análisis               | Cantidad  |
|--------------------------------|-----------|
| Sección delgada (SD)           | 43        |
| Difracción de rayos X (DRX)    | 2         |
| Fluorescencia de rayos X (FRX) | 1         |
| Palinología                    | 1         |
| <b>Total</b>                   | <b>47</b> |

Los análisis petrográficos fueron elaborados para determinar la mineralogía y rasgos texturales. En estos análisis se tuvo en cuenta la descripción macroscópica, los parámetros de textura, composición y porcentaje modal de los minerales y la descripción composicional (conteo de 300 puntos) sobre secciones delgadas estándar, utilizando formatos del SGC. El Anexo I presenta el mapa de localización de muestras para secciones delgadas a escala 1:100 000 de la Plancha 138 – Tame.

Los análisis de Difracción de Rayos X (DRX) y Fluorescencia de Rayos X (FRX), suministraron información complementaria para la caracterización geológica y geoquímica de unidades. Cabe mencionar que en ocasiones, una misma muestra fue

seleccionada para varios procedimientos analíticos. En el Anexo J se presentan los resultados de laboratorio en word y/o pdf.

La información de los análisis químicos fue cargada en una base de datos, denominada Libro índice siguiendo la estructura establecida por el SGC.

### **1.3.6 Elaboración del mapa geológico**

Durante esta etapa se completó el análisis de los resultados de laboratorio, así como la evaluación e interpretación de estos y de la información obtenida durante el trabajo de campo para plasmarla en el mapa geológico a escala 1:100 000 (Anexo K y Anexo L). Los mapas se elaboraron empleando el Software ArcGIS versión 9.3 y 10.0, de ESRI.

### **1.3.7 Redacción de memoria**

Paralelamente con la elaboración del mapa geológico se realizó la redacción y edición de la memoria explicativa en la cual se tuvo en consideración la información de las fases anteriores donde se describe la localización y accesos, unidades geológicas, columnas estratigráficas, geomorfología, geología estructural, geología económica y evolución geológica, siguiendo los estándares de presentación de informes del SGC.

Para facilitar la localización de sitios geográficos, se refieren a cuadrículas de 5 km<sup>2</sup> cuyas divisiones en el eje vertical (X) se nombran de la A hasta la H y en el eje horizontal (Y) con números del 1 al 12, de forma que sirva como guía para la ubicación de los sitios mencionados a través de la memoria.

## **1.4 PERSONAL PARTICIPANTE**

La ejecución del proyecto por parte del Consorcio GSG para el SGC estuvo a cargo del siguiente personal profesional y de apoyo.

Ingeniero de geología y petróleos Humberto González Iregui en la coordinación de actividades generales del proyecto así como en la interpretación del Modelo Evolutivo, Petrografía y revisión de los capítulos de Estratigrafía, Geología Económica y Geología Estructural.

El ingeniero geólogo Jorge Duque y el geólogo Juan Pablo Rincón, en la coordinación específica de las actividades de la Plancha 138 - Tame, interpretación de las labores de campo durante la cartografía. Los geólogos Alejandro Suárez Gómez, Carolina Peláez Mejía, Wilmar Castro Rodríguez en la redacción del informe final. También Jorge Hernán Betancur, Harold Londoño, y los ingenieros geólogos Rony Rondón, José David Restrepo, Karina Banquéz, Luzmilio Tolosa, y Dayci Montero en las labores de campo.

El Ingeniero Geólogo Gustavo Alzate y los geólogos Julián Franco y Sandra Zuluaga, trabajaron en la generación de mapas con base en imágenes LANDSAT TM y labores de fotointerpretación.

El ingeniero geólogo Wilson Vélez en la revisión de la redacción y estructuración de los capítulos de estratigrafía, geología estructural y geología económica del informe final. La geóloga Isabel Villada en la recepción y revisión de resultados de laboratorio.

Como personal de apoyo, en las áreas social y técnica estuvieron la trabajadora social Angela Giraldo y los geólogos Sebastián Molina Calderón, Leidy Paola Zorro Ríos, Liliam Ester Fuentes y Rossy Cuineme Ovalle, procesando la información de campo.

### 1.5 AGRADECIMIENTOS

El Consorcio GSG así como los autores del presente documento expresan sus agradecimientos a todas las entidades y personas quienes con su apoyo, facilitaron el buen desarrollo de este proyecto.

Al Gobernador del departamento de Arauca, por su aporte en la logística del trabajo de campo, a la Alcaldía del Municipio de Arauca y su personal administrativo, por su compromiso y disposición para la realización del objeto del proyecto, (Secretarías de Planeación, de Gobierno, de Hacienda y personero municipal), en particular a la oficina de Gestión del Riesgo en el municipio de Tame.

Reconocimiento especial a ASOJUNTAS y ASOCOMUNAL, a los Concejos Municipales de Tame, Fortul y Cubara.

A los miembros de ASOCATA, líderes y asuntos indígenas, por el acercamiento a las comunidades indígenas, su disposición y entendimiento transmitido al territorio Indígena (arraigo cultural). La Oficina de Asuntos Indígenas de Tame, que logró un acercamiento altamente positivo con la comunidad AsoU'wa.

Al equipo de profesionales de la Interventoría, que con su acompañamiento en campo y su orientación en la oficina, se construye ciencia para la prosperidad.

En general a todos los habitantes de las poblaciones involucradas, que con su colaboración y acompañamiento permitieron llevar a buen término el objeto del proyecto de investigación.

## 2 GEOMORFOLOGÍA

Las características morfológicas reconocidas en la Plancha 138 - Tame son el resultado de los diferentes procesos endógenos y exógenos que aún modelan el relieve en esta zona pero que fueron más intensos y significativos durante la Orogenia Andina hacia finales del Holoceno.

El levantamiento de la Cordillera Oriental causó una división del paisaje en dos áreas que pueden definirse como montañosa y plana en las que se ubican cuatro ambientes morfogenéticos divididos en las unidades geomorfológicas que se presentan en este capítulo; éstas son diferenciables en imágenes satelitales y fotografías aéreas y se clasifican de acuerdo a la Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia de Carvajal, (2011), corroboradas con los datos tomados en campo.

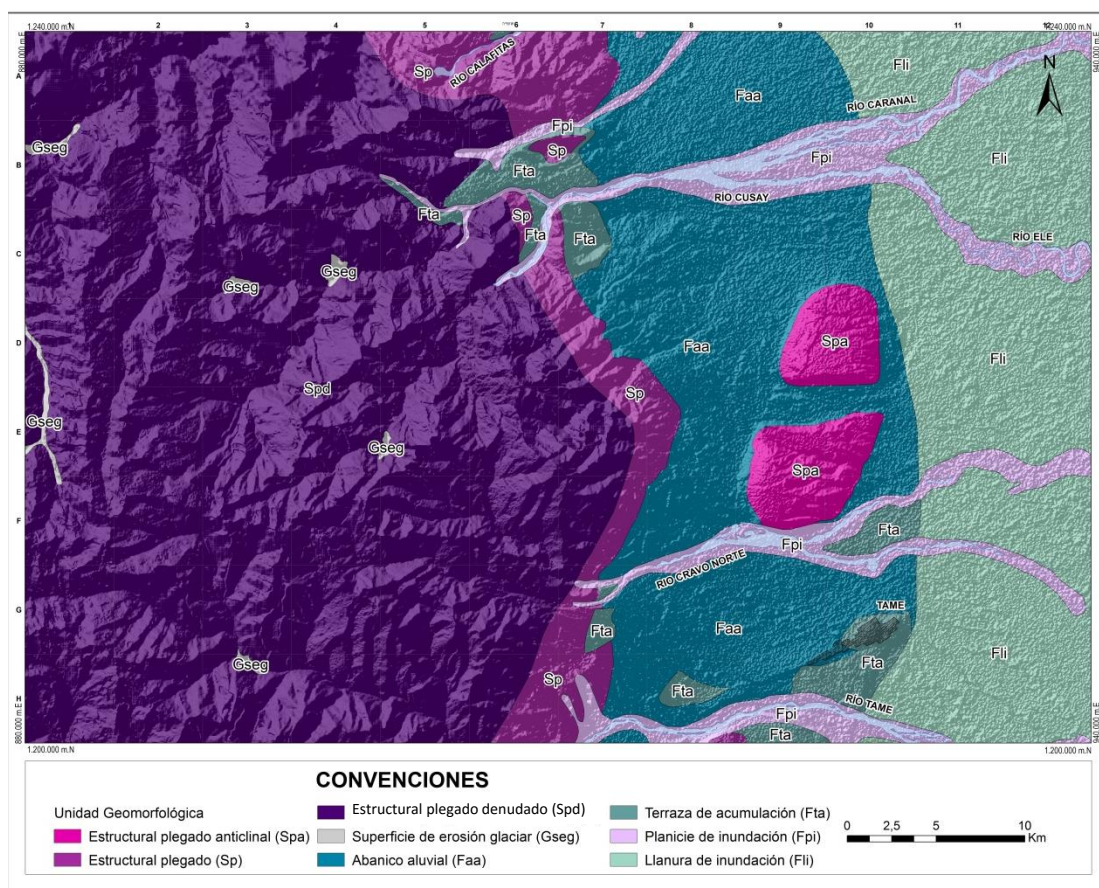
De acuerdo con esta propuesta, el nivel de Unidad Geomorfológica es el más adecuado para clasificar y describir las geoformas identificadas en esta plancha, que se enmarcan en los ambientes morfogenéticos estructural, glaciar y fluvial. Las unidades y su distribución se presentan en la Figura 4.

### 2.1 AMBIENTE ESTRUCTURAL

Aunque los procesos de plegamiento y fallamiento de las unidades geológicas que componen la plancha tienen efecto en toda el área, éstos son más notorios en dos áreas donde las características de las geoformas allí ubicadas permiten diferenciar las dos unidades que se describen a continuación.

#### 2.1.1 Estructural plegado (Sp)

Última porción de la zona central de la plancha (A4-A7, B6, C6-C7, D6-D8, E7-E8, F7, G6-G7, H6-H7) se identifica una franja alineada en sentido de la estratificación de las rocas sedimentarias neógenas (Formación Caja) de área aproximada de 150 km<sup>2</sup>, caracterizada por presentar un relieve montañoso de contraste muy alto, laderas abruptas de forma recta a irregular, de cimas agudas y alineadas; se observa un drenaje dendrítico pero con tramos alineados debido tanto a la estratificación como al fallamiento, la densidad de drenaje es moderada con profundos a moderados valles en V.



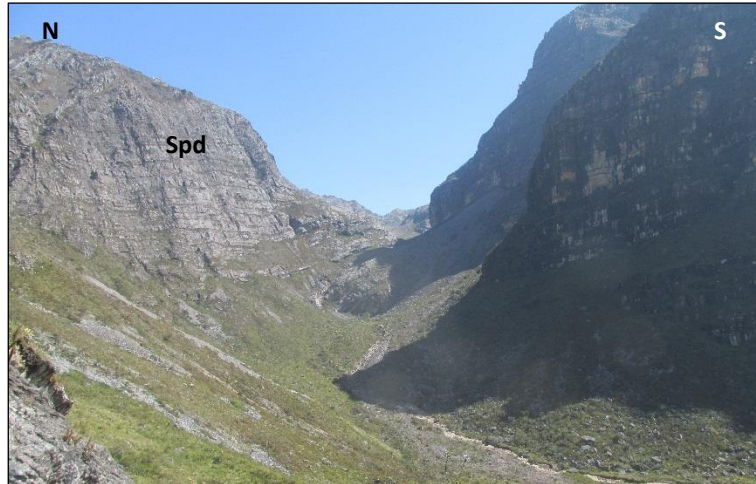
**Figura 4.** Mapa de unidades geomorfológicas de la Plancha 138 – Tame.

### 2.1.2 Estructural plegado denudado (Spd)

Esta unidad ocupa una extensa porción de la plancha cercana a los 1 100 km<sup>2</sup> (A1-A6, B1-B6, C1-C6, D1-D7, E1-E7, F1-F7, G1-G7, H1-H6), donde muestra una disposición alineada en sentido NS de rocas sedimentarias correspondientes a la Serie Río Negro-Una. Se caracteriza por tener un relieve de montaña de contraste alto a extremadamente alto, las laderas son casi siempre abruptas, muy largas a extremadamente largas, la forma es irregular con sectores cóncavos y otros convexos; los topos y los filos son agudos (Fotografía 1). Se presenta afectada por procesos erosivos de moderada a baja intensidad, por lo que se considera a esta área como una unidad de ambiente estructural plegado.

En general, el drenaje que recorre a la unidad Estructural plegado denudado (Spd) es dendrítico, con tramos controlados por fallas y lineamientos, la densidad es alta y como se mencionó anteriormente, por la altura que alcanzan esta unidad tiene la influencia de procesos glaciares locales que se evidencian en la presencia de zonas con paisajes

glaciares, en especial valles en U, especialmente en las áreas de mayor altitud y también valles en V.



**Fotografía 1.** Valle en U en la unidad Estructural plegado denudado (Spd), también se observan depósitos de vertiente. Estación REA-0002, 1 208 204 m.N y 882 890 m.E.

### **2.1.3 Estructural plegado anticlinal (Spa)**

En la zona del piedemonte del sector Este de la plancha resaltan colinas de topos aplanados y flancos o laderas suaves que corresponden a una estructura anticlinal suave de la Formación La Corneta que se encuentra cubierta en el resto del área. Esta geoforma tiene una extensión inferior a los 70 km<sup>2</sup> (C9-C10, D9-D10, E9-E10, F9-F10), se identifica no sólo por mostrar las únicas elevaciones en la zona, sino porque sus topos son aplanados en forma de mesa levemente inclinada.

En general, la unidad tiene relieve colinado de contraste moderado, laderas planas, suavemente inclinadas hacia el Oeste donde ha sido poco disectadas e inclinadas hacia los demás costados, de longitud corta en unos sectores y extremadamente larga hacia otros, las laderas que se inclinan hacia el Oeste son suaves y rectas y las otras se presentan irregulares. El drenaje es paralelo de baja densidad y corre por cárcavas separadas que se forman en la ladera Este de ésta estructura.

## **2.2 AMBIENTE GLACIAR**

La acción del movimiento asociado a los bloques de hielo que cubrieron los topos de las montañas durante el último periodo glaciario, dejó huellas en el terreno que pueden reconocerse hoy en día, las áreas afectadas por este proceso se clasifican dentro de este ambiente morfogenético.

### 2.2.1 Superficie de erosión glaciar (Gseg)

Al interior de unidad Estructural plegado denudado (Spd) pueden encontrarse sitios puntuales con paisajes glaciares heredados (B1, D1-E1, C3-C4, E5, G3) que se caracterizan por tener cimas redondeadas a subredondeadas con valles amplios y lisos en forma de U; es común encontrar depósitos coluviales y de talus en las laderas, formados por fenómenos de gelifracción. En la plancha, este paisaje se observa en las estribaciones del Nevado El Cocuy.

## 2.3 AMBIENTE FLUVIAL

El levantamiento de la cordillera generó una gran cantidad de material que fue transportado por las corrientes de agua hacia las zonas más bajas y planas, el cambio abrupto de la topografía que causó la pérdida de energía de las corrientes provenientes de las montañas, permitió que estas depositaran su carga dando origen a las geoformas que se agrupan en este ambiente.

### 2.3.1 Abanico aluvial (Faa)

Las corrientes que descendieron de las montañas pasaron de estar confinadas en estrechos valles a encontrarse con una zona amplia en la que se dispersaron para depositar su carga en toda la llanura. De esta manera se generan la unidad Abanico aluvial (Faa) que es característica de esta zona y cuya extensión alcanza los 421 km<sup>2</sup> de área solamente en la Plancha 138 - Tame.

La unidad tiene relieve plano con pendientes levemente inclinadas hacia el este, extremadamente largas y rectas, por las que pasan drenajes paralelos, de baja densidad pero muy largos, que van generalmente en la misma dirección de las laderas (Fotografía 2).

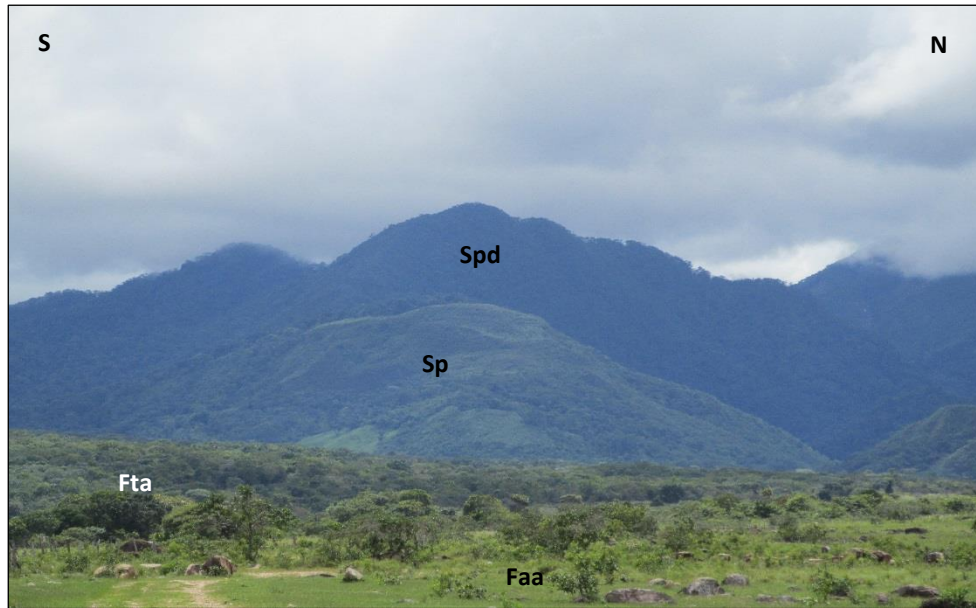
### 2.3.2 Terraza de acumulación (Fta)

Los últimos eventos de deposición en los que ha disminuido la energía del proceso de orogenia (depósito y erosión), generaron pequeñas terrazas a lo largo de los drenajes modernos y sobre los abanicos antiguos que se diferencian en el mapa como terraza de acumulación (Fta) (B5-B7, C5-C7, F10, G7, G10, H8-H10), su extensión areal es de 71 km<sup>2</sup> en la plancha (Fotografía 2).

### 2.3.3 Planicie de inundación (Fpi)

Los grandes ríos que nacen en la cordillera y que recorren la zona plana, como el río Cravo Norte, Cusay y Tame (A7-A8, A10-A12, B5-B11, C5-C6, C11-C12, E11-E12, F8-F12, G7, G12, H7-H11), entre otros; no solo depositan el material que cargan en la llanura,

sino que causan retrabajamiento de los abanicos más antiguos generando una zona de influencia denominada Planicie de inundación (Fpi) en la que depositan buena parte de su carga y cuya extensión es variable dependiendo del caudal de la temporada, pero en promedio se encuentra próximo a los 200 km<sup>2</sup> ((Fotografía 2.



**Fotografía 2.** Al fondo la unidad Estructural plegado desnudado (Spd), en la base parte de la unidad de Terraza de acumulación (Fta) e inicio de la unidad de Abanico aluvial (Faa). Vista desde la estación ASG-0111, 1 203 713 m.N y 914 201 m.E

#### 2.3.4 Llanura de inundación (Fli)

En el sector donde desaparece la unidad Abanico aluvial (Faa) empieza a conformarse la Llanura de inundación (Fli) (A10-D10, H10, A11-H11, A12-H12). Esta unidad con una extensión aproximada de 400 km<sup>2</sup>, tiene relieve plano, con muy suaves pendientes en la zona proximal a donde terminan los abanicos. Los drenajes se vuelven trezados debido a cambios de pendiente longitudinal y transversal, a aumentos bruscos de la carga aluvial durante las avenidas y a la pérdida de la capacidad de arrastre al disminuir la pendiente o el caudal.

### 3 ESTRATIGRAFÍA

La Plancha 138 – Tame se encuentra localizada entre la cuenca de la Cordillera Oriental (rift del Cocuy) y la cuenca de los Llanos Orientales, en ella afloran rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas, cubiertas por depósitos cuaternarios de origen aluvial.

Las unidades litológicas en el área de la plancha están divididas en dos cuencas actualmente limitadas por la Falla Guaicáramo, al Oeste la Cuenca de la Cordillera Oriental (rift del Cocuy) en la que afloran rocas del Mesozoico en franjas con tendencia Norte-Sur agrupadas en la Serie Rio Negro – Une.

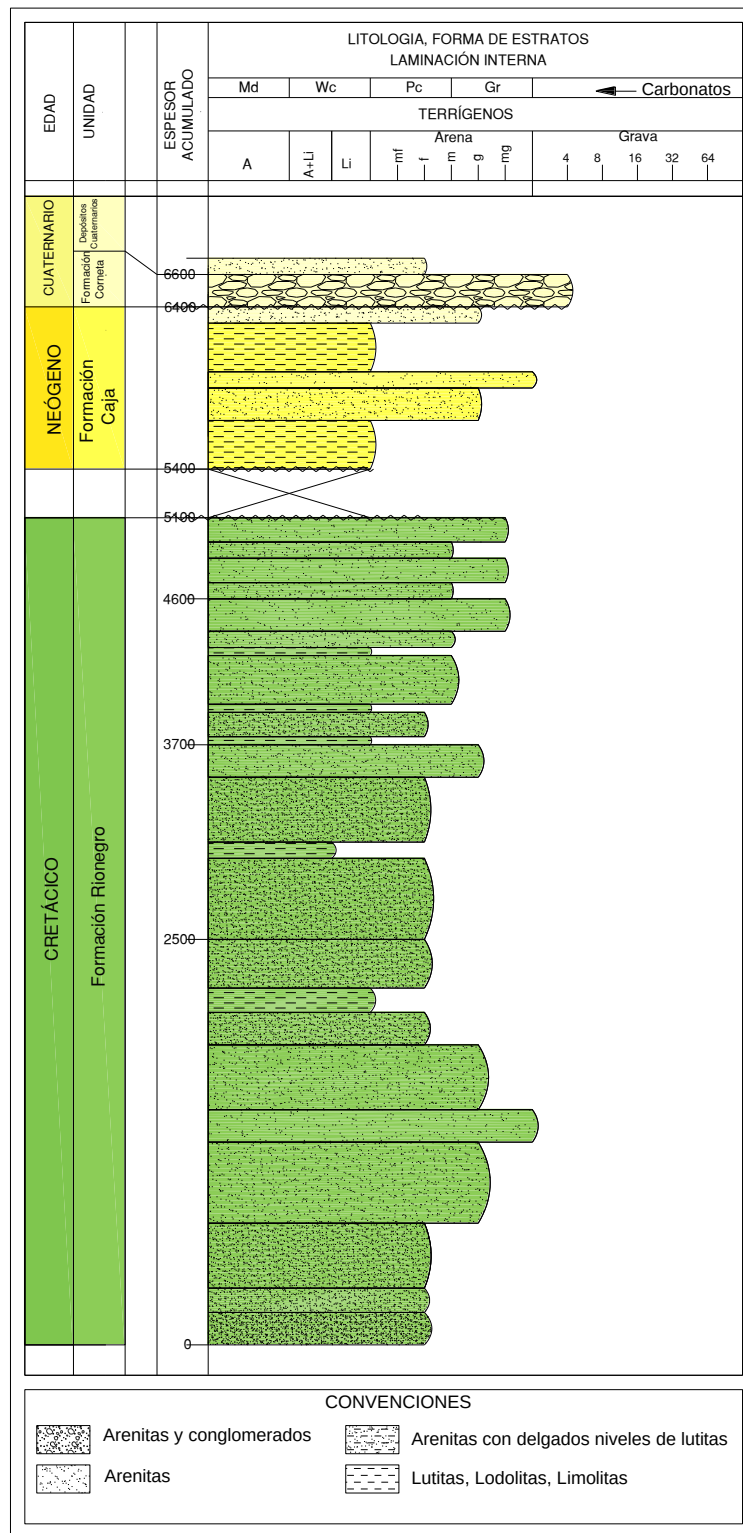
Al Este de la Falla Guaicáramo, en la Cuenca Llanos Orientales afloran rocas del Cenozoico representada por la Formación Caja, cubiertas por la Formación La Corneta y depósitos cuaternarios, representados por depósitos fluvioglaciares, depósitos aluviales antiguos y recientes, abanicos, planicies aluviales y aluviales en llanuras de inundación (Figura 5).

La correlación entre la nomenclatura adoptada para éste documento y la empleada en planchas aledañas se presenta en la Tabla 4.

#### 3.1 SERIE RIO NEGRO-UNE ( $K_1$ rnu)

En la Plancha 138-Tame, con la plancha colindante Plancha 137-Cocuy, hasta la Falla Guaicáramo, se encuentran una serie de bloques monoclinales, con una morfología escarpada de lomos alargados, separados por zonas con relieve inclinado que por lo general coinciden con pendientes estructurales. Por la morfología antes indicada y colindando al oriente con rocas consistentes de la Formación Rio Negro. Ulloa & Arias (1998), propusieron para ese conjunto tan espeso y fallado el nombre informal de Serie Rio Negro-Una (Figura 6).

La parte inferior de la serie, correspondiente a la Formación Rio Negro, se encuentra muy bien documentada en el trabajo de Fabre (1985), teniendo en cuenta que las Lutitas de Macanal cambian de facies lutíticas a facies arenosas, aproximadamente en el límite sur de la Plancha 137-Cocuy.



**Figura 5.** Columna generalizada de la Plancha 138 – Tame.

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

Tabla 4. Correlación de las unidades aflorantes en la Plancha 138 – Tame.

| Periodo     | Plancha 123 - Saravena                                 | Plancha 137 - El Cocuy (Fabre <i>et al.</i> , 1981) |                            | Plancha 153 - Chita (Fabre 1983) | Cuadrángulo K-13 (Ulloa & Rodríguez, 1976) |  |
|-------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|--|
|             | Borde Oriental Cordillera Oriental - Llanos Orientales | Zona Norte                                          | Zona Sur                   |                                  |                                            |  |
| Cuaternario | Fm. La Cometa                                          |                                                     |                            |                                  | Fm. La Cometa                              |  |
|             | Fm. Caja                                               |                                                     |                            |                                  | Fm. Caja                                   |  |
| Neógeno     |                                                        |                                                     |                            |                                  | Fm. Diablo                                 |  |
|             |                                                        | Fm. Carbonera                                       | Fm. Concentración          | Fm. Concentración                | Fm. San Fernando                           |  |
|             |                                                        | Fm. Mirador                                         | Fm. Picacho                | Fm. Picacho                      | Fm. Areniscas del Limbo                    |  |
|             |                                                        | Fm. Los Cuervos                                     | Fm. Arcillas de Socha      | Fm. Arcillas de Socha            | Fm. Arcillas del Limbo                     |  |
|             |                                                        | Fm. Barco                                           | Fm. Arenisca de Socha      | Fm. Arenisca de Socha            | Areniscas de El Mono                       |  |
| Paleógeno   |                                                        |                                                     | Fm. Guaduas                | Fm. Guaduas                      | Grupo Palmichal                            |  |
|             |                                                        |                                                     | Fm. Arenisca Tiema         | Fm. Arenisca Tiema               |                                            |  |
|             |                                                        |                                                     | Fm. Los Pinos              | Fm. Los Pinos                    |                                            |  |
|             |                                                        |                                                     | Fm. La Luna                | Fm. La Luna                      |                                            |  |
|             |                                                        |                                                     | Fm. Chipaque o Capacho     | Fm. Chipaque                     | Fm. Chipaque (Capacho)                     |  |
|             |                                                        |                                                     | Fm. Aguardiente o Une      | Fm. Une                          | Fm. Une (Aguardiente)                      |  |
|             |                                                        |                                                     | Fm. Tibú - Mercedes o Apón | Fm. Apón                         | Fm. Fomeque                                |  |
|             |                                                        |                                                     | Fm. Rionegro               | Fm. Areniscas de Las Juntas      | Fm. Arenisca de Las Juntas                 |  |
| Cretácico   |                                                        |                                                     |                            | Fm. Lutitas de Macanal           | Fm. Lutitas de Macanal                     |  |
|             |                                                        |                                                     |                            |                                  |                                            |  |

CONVENCIONES:  Cambio facial

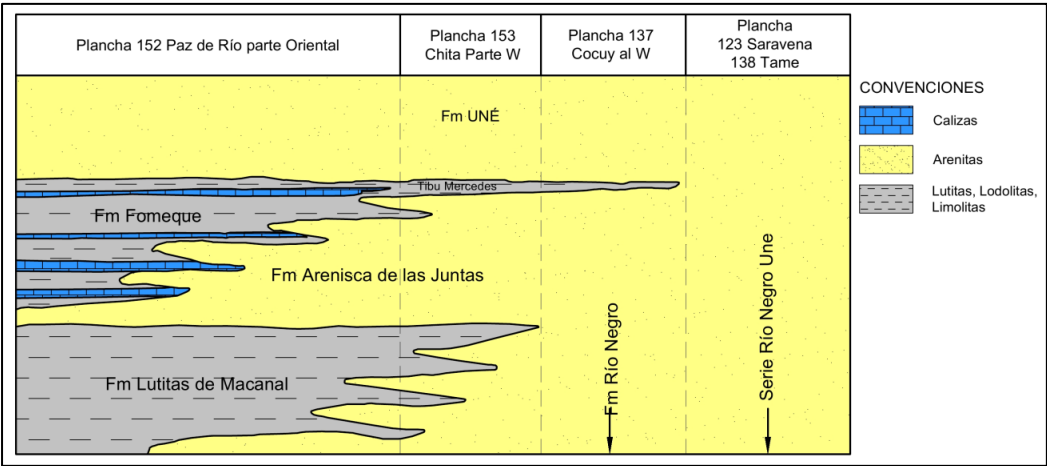


Figura 6. Esquema facial de las formaciones Lutitas de Macanal, Arenisca de Las Juntas, Río Negro, Une (modificado Ulloa & Arias, 1998).

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

### 3.1.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

Aflora en la parte centro occidental del área, (A1 a A4, a H1 a H6, C5 a C7 y F7). Morfológicamente la unidad representa un área con grandes alturas, con picos alargados, en donde las pendientes estructurales muestran superficies inclinadas y la contrapendiente, grandes escarpes (Fotografía 3).



**Fotografía 3.** Morfología de relieve en alta montaña de la Serie Rio Negro - Une, formando vertientes largas, empinadas y rectas, con vegetación periglacial, Estación RAR-0137, 1 208 117 m.N y 881 000 m.E.

### 3.1.2 Litología

Fabre (1985) subdividió la Formación Rio Negro en nueve segmentos, en donde los B1, B2 y B3 están constituidos por areniscas cuarzosas de grano fino a medio en bancos medianos a muy gruesos, con algunas intercalaciones blandas de lutitas limosas negras. El segmento C, de 280 m, está constituido principalmente por lutitas oscuras. Los segmentos D1 y D2 conformados principalmente por arenitas cuarzosas de grano fino a medio, en bancos delgados a gruesos y areniscas conglomeráticas cuarzosas. El segmento E1, conformado por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, en bancos medianos a gruesos y en su parte media, localmente conglomerados oligomícticos de cuarzo y guijos de arcillas y lodolitas. Los conjuntos arenosos, separados por conjuntos arcillosos y lodosos. Los segmentos E2 y E3, constituidos principalmente por arenitas de cuarzo en bancos medianos a gruesos, separados por conjuntos de lodolitas oscuras. En los diferentes segmentos encontró fósiles de plantas y pequeños lamelibranquios. El nivel de areniscas y conglomerados lo pudo observar en toda el área de la Plancha 137-Cocuy, donde aflora la Formación Rio Negro (Figura 7).

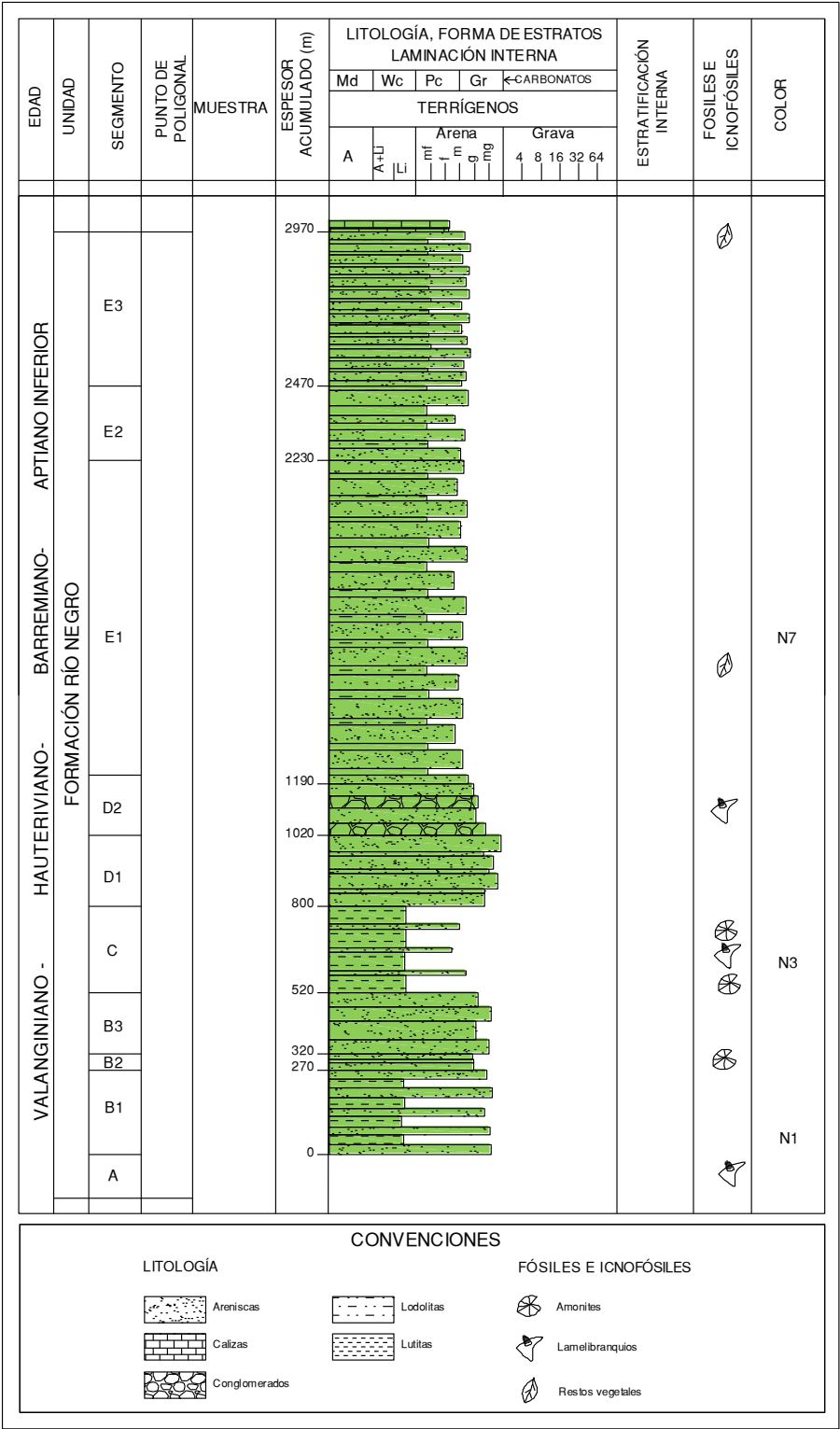


Figura 7. Columna estratigráfica de la Formación Río Negro (modificada de Fabre, 1981).

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

En el presente trabajo se levantaron secciones parciales de la serie Rio Negro - Une, en el Monoclinal Tate. En la parte inferior del Monoclinal se levantó una columna por el caño Garcita (Figura 8), descrita de base a techo, en donde la sección medida se pudo subdividir en cuatro segmentos. El inferior de 62 m, constituido por lutitas negras, con algunas intercalaciones de arenitas de cuarzo, en estratos delgados. El segmento B, de 178 m, constituido por una alternancia de conjuntos de arenitas de cuarzo, con intercalaciones de lutitas negras a gris oscuro. Segmento C, de 90 m, conformado por conjuntos gruesos de arenitas de grano medio a grueso, con niveles conglomeráticos (Fotografía 4). Los conglomerados, compuestos por clastos bien redondeados, de cuarzo, líticos y mica muy finos, localmente, los clastos muestran una leve orientación. Segmento D, de 71 m, compuesto por una alternancia de arenitas de cuarzo en conjuntos de 5 a 12 m, intercalados con conjuntos de lutitas negras en paquetes de 3 a 8 m.



**Fotografía 4.** Arenisca conglomerática con clastos de cuarzo subredondeados, de la Serie Rio Negro-Une. Estación CPM-0205, 1 215 193 m.N y 913 294 m.E.

En una sección delgada se encuentra que la roca es heterogénea, con variaciones en tamaño de grano, desde arena muy fina hasta gránulos (62  $\mu\text{m}$  a 4 mm), mal seleccionada, con granos subangulosos a subesféricos, los contactos entre granos son variables, predominando los cóncavos convexos y saturados, en menor proporción longitudinales, grano soportada dentro de una matriz arcillosa, lo cual no indica que es una roca inmadura.

Está compuesta por cuarzo monocristalino (84,66 %) de tamaños variables, de bordes irregulares, algunos con microinclusiones de opacos y fracturados. Presenta extinción ondulante que puede indicar procesos de metamorfismo bajo. Se presentan minerales

arcillosos (4,66%) como agregados finogranulares entre los granos de cuarzo, formando la matriz (Fotografía 5).

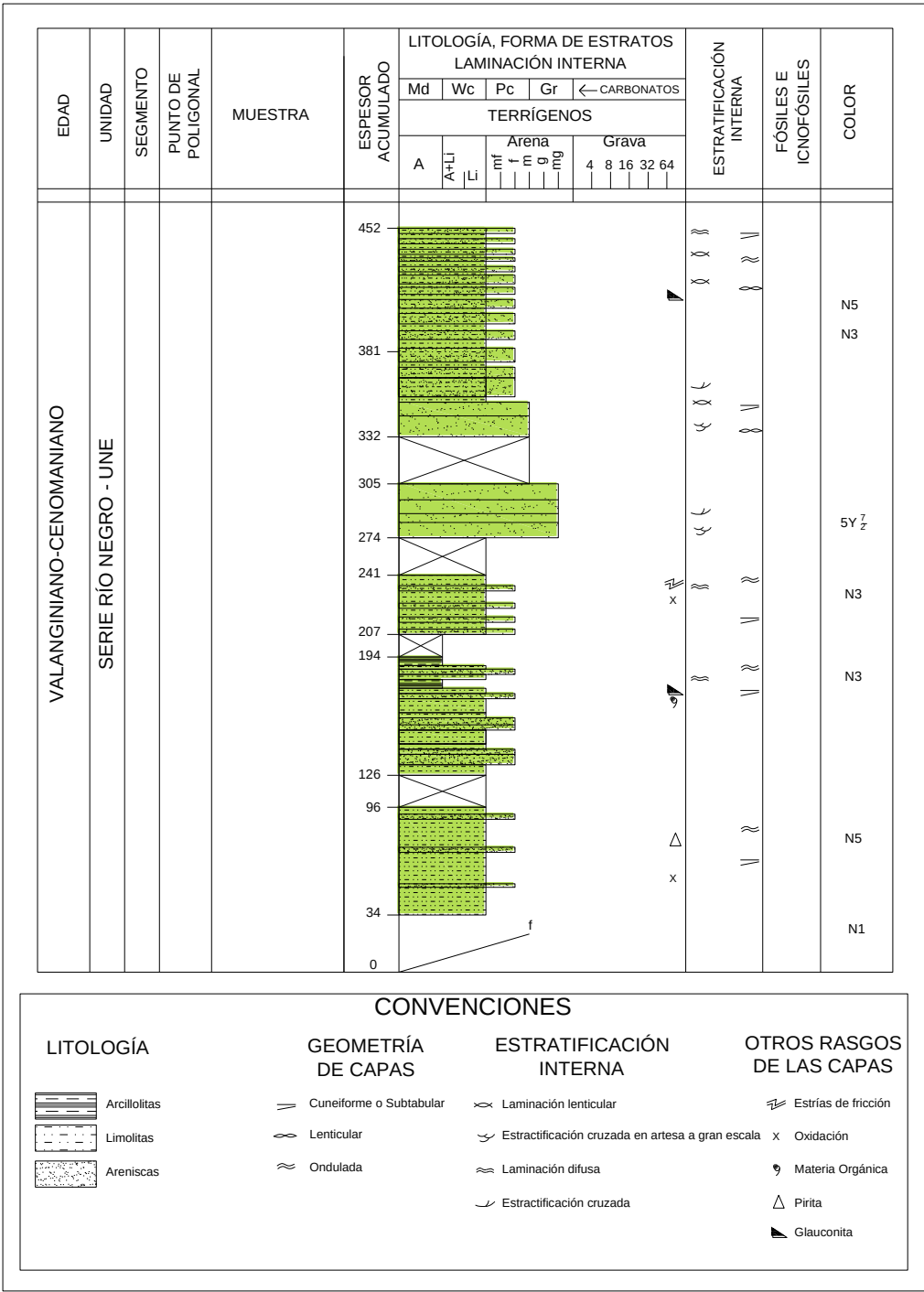
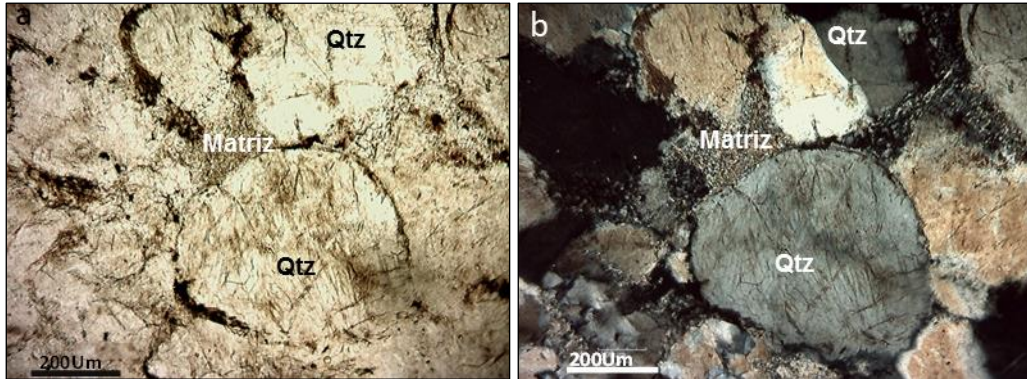


Figura 8. Columna estratigráfica de un segmento de la Serie Rio Negro-Une en el caño Garcita.

Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.

Contiene fragmentos líticos, sedimentarios (8,33%), de formas irregulares, constituidos principalmente por cuarzo y opacos. Se observa hematita de color naranja amarillento oscuro, entre granos de cuarzo. Según la clasificación composicional de Folk (1974), corresponde a una cuarzoarenita.

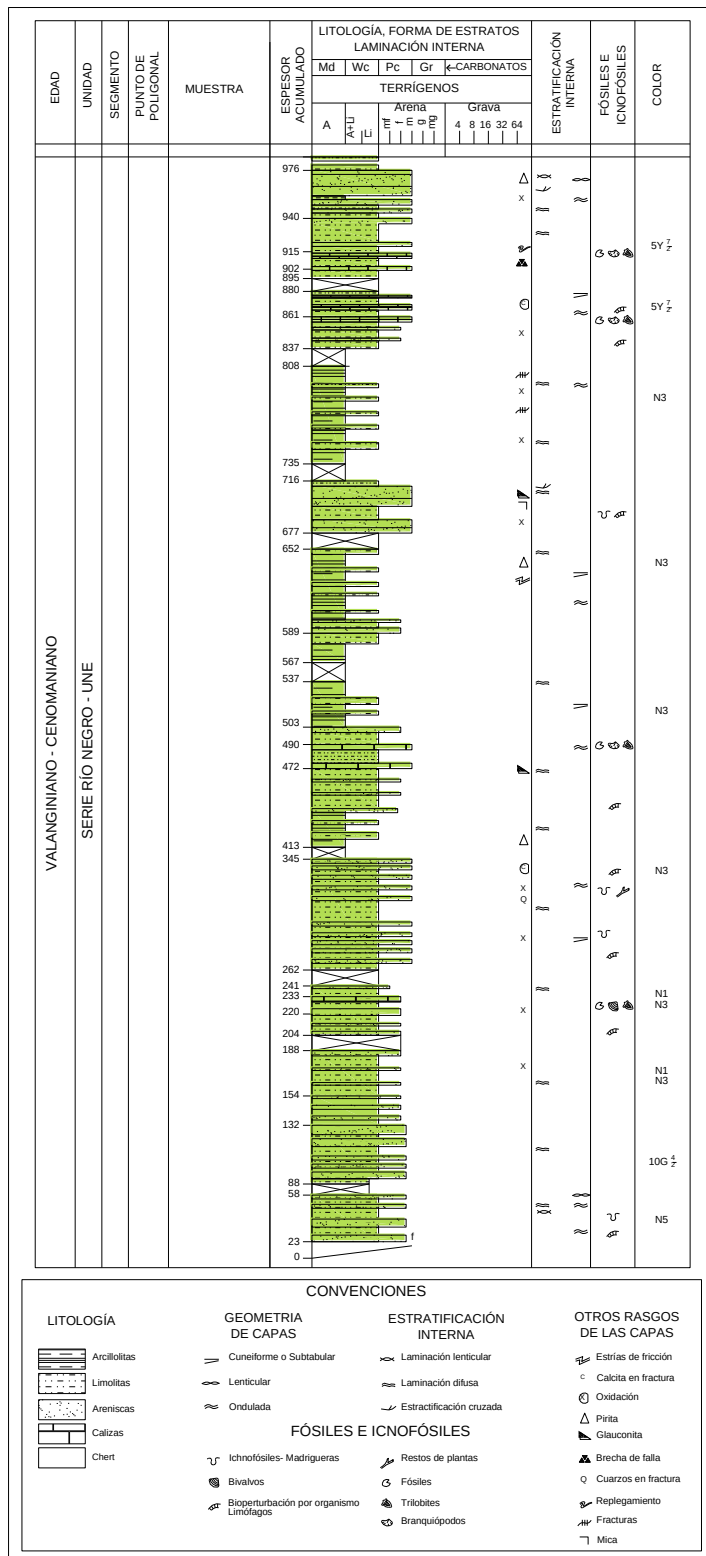


**Fotografía 5.** Cuarzoarenita de la Serie Rio Negro-Une. Muestra CPM-0205-R, cristales de cuarzo (Qtz) dentro de una matriz arcillosa. a) Nícoles paralelos, b) Nícoles cruzados.

Por el río Tate se levantó otra columna parcial, estratigráficamente encima de la descrita anteriormente, la cual midió 978 m y se subdividió en tres segmentos (Figura 9), descrita de base a techo. El segmento inferior A, con 716 m, constituido por una alternancia de arenitas de cuarzo de grano fino a medio, de color gris oscuro (Fotografía 6), laminación plano paralela continua, con intercalaciones de lutitas gris oscuras, en bancos de 10 a 15 m de espesor.



**Fotografía 6.** Areniscas en estratos medianos a gruesos de la Serie Rio Negro-Une, en la Margen izquierda del río Tate. Estación CGM-0115, 1 211 598 m.N y 906 932 m.E.



El segmento B, con 121 m, constituido por lutitas y limolitas gris oscuras, con intercalaciones de arenitas de cuarzo, en paquetes de 3 a 8 m de espesor. Segmento C, con 41 m, constituido por una alternancia de conjuntos de arenitas de cuarzo en paquetes de 8 a 15 m de espesor, separados por lutitas negras de 3 a 8 m de espesor.

Las columnas levantadas y descritas anteriormente corresponden solamente a la parte inferior y media del Monoclinal Tate, ya que este, por cálculo de corte geológico dio 3.700 m, y los dos fragmentos de columnas, el inferior midió 452 m y el superior 978 m, y sumados los dos 1.438 m, lo cual nos indica que se midió menos de la mitad del monoclinal, quedando faltando gran parte de la parte superior. Al comparar las secciones levantadas en el caño Garcita y en el río Tate, con la columna estratigráfica de la Formación Rio Negro, levantada por Fabre, (1985), nos indica que la parte inferior medida en el caño Garcita puede corresponder a los segmentos D1 y D2, que son los que presentan areniscas y conglomerados y la columna medida en el río Tate se puede correlacionar en parte con el segmento E de la Formación Rio Negro, que es donde se presentan alternancias de arenitas de cuarzo con intercalaciones de lutitas negras.

Por problemas de logística, en la plancha no se pudieron levantar columnas estratigráficas en los diferentes monoclinales, pero es importante anotar que el Monoclinal Tocoragua, por corte geológico puede tener más de 3.500 m, indicando que en él se puede encontrar gran parte de las formaciones Rio Negro y Une. Lo anterior plantea que en el área de la plancha 173-Tamara, es indispensable levantar columnas estratigráficas, acompañadas de recolección de fósiles que permitan establecer edad y así esclarecer que en dicha área se encuentran sedimentos correspondientes a esas unidades.

En este informe no hace referencia a la Formación Une, dado que la descripción hecha por Fabre (1985), fue levantada en la parte occidental, en donde se encontró la Formación Tibú-Mercedes, separando a la Rio Negro y seguramente no es representativa para el área de la Plancha 138 - Tame.

### **3.1.3 Contactos**

En la plancha no se encuentra el contacto inferior de la Serie, pero en áreas hacia el oriente, la Unidad se ha encontrado en contacto discordante con unidades precretácicas, como el Neis de Bucaramanga y unidades del Paleozoico y su contacto superior con la Formación Chipaque o Capacho. En el área, la Serie Rio Negro – Une, se encuentra en contacto fallado con la Formación Caja.

### **3.1.4 Origen, edad y correlación**

Fabre (1985) a la Formación Rio Negro, parte inferior y media de la Serie, plantea un ambiente marino, probablemente en zona litoral, para el conjunto C, y para los

conjuntos E1 y E2, ambientes de costa. Sin embargo, por su gran espesor, también esta unidad puede haberse depositado en ambientes deltaicos, tal como lo plantea (García *et al.*; en: Fabre, 1985).

La fauna encontrada en los miembros inferiores de la Formación Río Negro, determinan que estos se depositaron en la parte alta del Valanginiano inferior, mientras los miembros superiores se depositaron probablemente durante el Valanginiano superior, Hauteriviano, Barremiano y posiblemente hasta el Aptiano inferior (Fabre, 1981).

Fabre (1985), en la región de la Sierra Nevada del Cocuy, le asigna a la Formación Une una edad que abarca todo el Albiano y una parte, mal definida, del Cenomaniano. Por esto en este trabajo se define que la Serie Río Negro – Une, abarca desde Valanginiano al Cenomaniano.

### 3.2 FORMACIÓN CAJA (N<sub>1c</sub>)

El nombre de Formación Caja fue asignado por Valencia y Samper (1938, Informe inédito de la Shell; en De Porta, 1974), y publicado por Van der Hammen (1958) con una descripción muy general, donde mencionan que la Unidad descansa concordantemente sobre los sedimentos de la Formación Diablo pero no se mencionan los datos sobre la unidad suprayacente.

Ulloa & Rodríguez (1976), mencionan que la Unidad se encuentra reposando concordantemente sobre la Formación Diablo e infrayaciendo discordantemente a la Formación La Corneta y fue cartografiada en el cuadrángulo K-12. En este informe se seguirá el concepto de Ulloa & Rodríguez (1976).

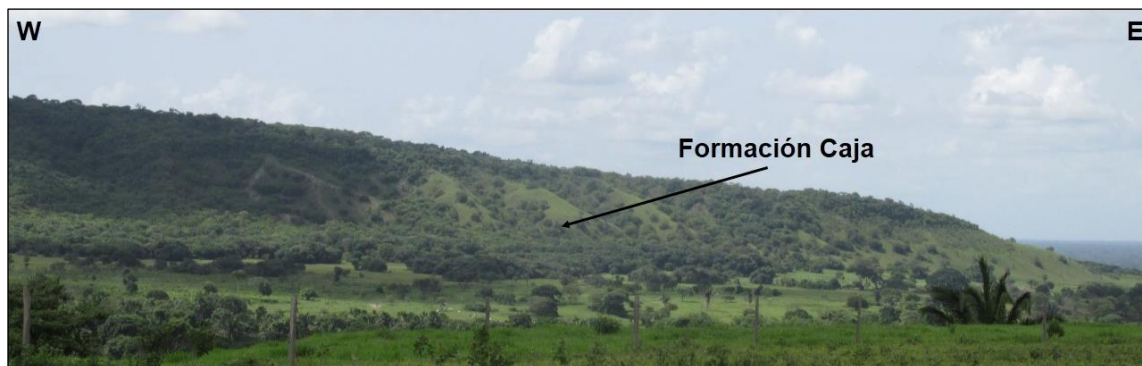
#### 3.2.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La Formación Caja aflora en una franja alargada en la parte central de la plancha (A5, A6, A7, B6, C6, C7, D7, E7, E8, F7, G6, G7, H6 y H7). En la parte centro oriental, se presenta un retazo de la unidad (D9, F9 y F10). Morfológicamente presenta un relieve de suaves colinas (Fotografía 7).

#### 3.2.2 Litología

Esta unidad tiene los mejores afloramientos en el flanco oriental del Anticlinal de Corozal (C10 y F10). De acuerdo con el corte geológico, en los sectores mencionados debe aflorar la parte superior de la Formación Caja. Allí se encuentra una alternancia de arenisca gris amarillenta, de grano fino a conglomeráticas, en estratos gruesos a muy gruesos, con intercalaciones de limolitas, lodolitas, limolitas arenosas, limolitas conglomeráticas con guijos, cantos, fragmentos de arenitas y cherts, en estratos de 10 a 15 m, separados por conjuntos de limolitas y lodolitas, de 8 a 15 m de espesor. Las

areniscas y conglomerados presentan estratificación plano paralela continua, tabular y ondulosa (Fotografía 8).



**Fotografía 7.** Pendiente suave y alargada de la Formación Caja, Vereda Angosturas. Estación WCR-0101, 1 217 996 m.N y 925 758 m.E.



**Fotografía 8.** Areniscas lodosas de la Formación Caja con manchas de óxidos, vereda La Garcita. Estación CPM-0156, 1 1214 757 m.N y 920 592 m.E.

### 3.2.3 Contactos

El contacto inferior de la Formación Caja no se observa, pero en áreas del cuadrángulo K-12 y la plancha Yopal, se encuentra reposando concordantemente a la Formación Diablo. Su contacto superior se observó discordante con la Formación La Corneta en el anticlinal Corozal (C9 y C10).

### 3.2.4 Origen, edad y correlación

Según Ulloa & Rodríguez (1976), la Unidad en su parte inferior es marina, zona de oleaje, y en la parte superior es pantanosa a fluvial. De acuerdo con las características del segmento A de la Formación Caja, la parte inferior puede ser de origen fluvial con influencias pantanosas y la parte media superior, puede ser fluvial, de régimen muy torrencial.

De acuerdo con Ulloa & Rodríguez (1976), “Van der Hammen (1957) le asigna una edad probable de Oligoceno Superior, pudiendo incluir también la parte baja del Mioceno. Con base en información palinológica y micropaleontológica, la edad es del Mioceno medio a Pleistoceno (H. Duque, comunicación personal)”.

Montoya *et al.* (2013), supone que la base de la Unidad puede abarcar parte del Mioceno Tardío y Ramírez (2010), asigna para la Formación Guayabo inferior, que puede corresponder a la Formación Caja, una edad de Mioceno Medio a Tardío.

La Formación Caja abarca la parte superior de la Formación Choapal y gran parte de la Formación Medina de Segovia (1963).

## 3.3 FORMACIÓN LA CORNETA (Q<sub>1co</sub>)

El nombre de Formación la Corneta fue propuesto por Ulloa & Rodríguez (1976), para representar una serie de gravas interestratificadas con limolitas, que afloran en la parte central del Sinclinal de Nazareth, cuadrángulo K-12. El nombre fue tomado de la quebrada La Corneta, que desemboca en el río Guavio, en la localidad de Nazareth (Cundinamarca), donde se ha determinado un espesor de 120 m.

### 3.3.1 Distribución geográfica y expresión geomorfológica

La Formación La Corneta aflora en el Anticlinal de Corozal (D9, D10, C9, C10, F9 y H8). Presenta una morfología con relieves suaves y en algunas partes drenaje radial. En el área de estudio se asocia a colinas bajas (Fotografía 9), escalonadas y parcialmente incisados en terrazas, limitados en parte por fallas geológicas.



**Fotografía 9.** Panorámica de la geoforma de terraza incisada, Formación La Corneta. Estación CPM-0161, 1 213 024 m.N y 922 800 m.E.

### 3.3.2 Litología

Esta formación está constituida por conglomerados que incluyen clastos redondeados desde bloques hasta guijos compuestos de areniscas cuarzosas, lodolitas y arcillolitas, en una matriz arenosa gruesa.

Al oeste de la cabecera municipal de Tame, se observa un perfil sobre la vía donde afloran dos niveles pertenecientes a la Formación La Corneta, el primero de 2 m de espesor, conformado por clastos tamaños de 1 hasta 30 cm (Fotografía 10), mal seleccionados, de color blanco amarillento (5YR 8/4), que corresponden a fragmentos de areniscas cuarzosas, envueltos en una matriz de arena de grano medio, también cuarzosa, cuyo color de meteorización es marrón claro (5YR 6/4). El segundo nivel es de arcillas abigarradas con algo de arenas finas cuarzosas con un color de meteorización que va de naranja amarillento pálido a marrón rojizo.

### 3.3.3 Contactos

La unidad, en el área del Anticlinal Corozal, (F9), se encuentra en contacto discordante sobre la Formación Caja y su contacto superior se encuentra cubierto por sedimentos de abanicos aluviales.

### 3.3.4 Origen, edad y correlación

La Formación Corneta presenta un espesor de aproximadamente 60 a 80 m y está constituida por gravas que permiten inferir un origen de planicies aluviales que fueron

deformadas en el Cuaternario. Su edad ha sido considerada por Ulloa & Rodríguez (1976), del Cuaternario inferior (Pleistoceno).



**Fotografía 10.** Afloramiento donde se observan cantos de la Formación La Corneta. Estación WCR-0104, 1 204 100 m.N y 922 938 m.E.

### **3.4 DEPÓSITOS CUATERNARIOS**

En la Plancha 138-Tame, se diferencian los siguientes depósitos cuaternarios asociados a materiales fluvio-glaciares, aluviales antiguos, planicies aluviales, abanicos inferiores y superiores, aluviales recientes y aluviales en llanuras inundables, los cuales se describen a continuación.

#### **3.4.1 Depósitos fluvioglaciares ( $Q_{1fg}$ )**

Estos depósitos rellenan el fondo de algunos valles de los drenajes ubicados en la parte occidental del área, como el río Sinsigna y la quebrada Agua Fría o Tuneba, en la zona montañosa cercana a la Sierra Nevada del Cocuy. El material está constituido principalmente por cantos redondeados de areniscas, arenas, limos y arcillas que provienen de la destrucción de las diferentes formaciones del Cretáceo Inferior de la región.

Los rellenos de lagunas glaciares también fueron incluidos en esta categoría de depósitos fluvioglaciares. El material es generalmente más fino que en los ríos y compuesto de arenas, lodos y materia orgánica. Se encuentran ubicados en algunos puntos de la zona central de la Plancha 138 - Tame.

### 3.4.2 Depósitos aluviales antiguos ( $Q_{1al}$ )

Los depósitos aluviales antiguos se presentan como terrazas escalonadas, las cuales se han observado especialmente en las márgenes del río Cusay (B6, B7, C7 y G7). Son zonas planas, colindantes con los depósitos cuaternarios aluviales recientes que nos indican que el nivel de base de los ríos colindantes o quebradas se ha profundizado. Están compuestas por gravas con clastos bloques de diferentes tamaños en una matriz limo-lodolítica.

### 3.4.3 Depósitos de abanicos inferiores ( $Q_{1abi}$ )

Los depósitos de abanicos están relacionados con las descargas intempestivas y en forma de avalanchas de los ríos Cusay, Cravo Norte y Tame. Están localizados en la parte oriental del área, siendo de gran extensión (A7, A8, A9 a H9 y H10). Presentan una pendiente de  $1^\circ$ , estando limitados al occidente por la Falla Paz de Ariporo y al oriente por la Falla del Borde Llanero.

En general están conformados por bloques, gravas, arenas de formas variadas en una matriz por lo general areno-limosa. Los clastos corresponden principalmente a cuarzoarenitas y conglomerados (Fotografía 11).



**Fotografía 11.** Bloques de areniscas conglomeráticas. Estación CPM-0174, 1 214 706 m.N y 916 786 m.E.

#### 3.4.4 Depósitos de abanicos superiores ( $Q_{1abs}$ )

Se localizan hacia la parte central del área asociados a la dinámica de los ríos Cusay, Cravo Norte y Tame (B7, C7, C8 a H8 y H9). Morfológicamente presentan una pendiente aproximada de  $3^\circ$ , siendo menos extensos que los depósitos descritos previamente. Están limitados al oriente con la Falla Paz de Ariporo y cubren discordantemente a rocas de la Formación Caja al occidente. Su composición es similar a los depósitos de abanicos inferiores, aunque con un contenido más elevado de bloques, guijos y guijarros de rocas cuarzosas, indicando que la fuente está próxima.

#### 3.4.5 Planicies aluviales recientes ( $Q_{1pal}$ )

Estos depósitos se encuentran localizados en la parte oriental de la plancha y colindan al occidente con los depósitos de abanicos (A11, A12, a H11, H12). Morfológicamente corresponden a zonas planas a semiplanas y se encuentran cortados por los depósitos aluviales recientes. Están conformados por materiales no litificados de bloques, cantos y guijos de arenitas embebidos por una matriz limoarcillosa.

#### 3.4.6 Depósitos aluviales en llanuras inundables ( $Q_{2aa}$ )

Son depósitos que únicamente se encuentran en los Llanos, morfológicamente conforman un paisaje plano, caracterizado por la presencia de áreas inundables o bajos (Fotografía 12), que se pueden relacionar lateralmente con humedales y en menor proporción por bancos (zonas ligeramente más altas) no inundables.



**Fotografía 12.** Paisaje plano donde se observa la llanura parcialmente inundada, característico de los depósitos aluviales en llanuras inundables asociadas a material orgánico. Estación ASG-0186, 1 202 417 m.N y 939 066 m.E.

Comúnmente los depósitos que conforman los bancos son limo-arenosos, mientras que los que constituyen los bajos tienen composición arcillosa. Este tipo de depósito se presenta únicamente en la esquina SE de la plancha.

De acuerdo con las estaciones y muestras descritas dentro de esta unidad, no hay una secuencia específica que indique un patrón de texturas constante, es decir, las capas de arcilla no siempre están al tope de la sucesión, sino que también se encuentran capas de limos o arenas.

### 3.4.7 Depósitos aluviales recientes ( $Q_{2al}$ )

Los depósitos aluviales recientes se encuentran en ambos márgenes de los ríos principales (Cusay, Cravo Norte y Tame) y sus afluentes menores. Están asociados a morfología plana a levemente ondulada, producto de la dinámica aluvial de los ríos. Se encuentran cubriendo los depósitos de abanicos aluviales antiguos.

Están constituidos por cantos rodados de tamaño bloques y guijos, sedimentos areno limosos, arenas limpias finas a muy finas y limo arcillosas en menor proporción. Compuestos por cuarzo (95%) y líticos (<5%). La coloración típica es naranja amarillento oscuro (10YR 6/6) con variaciones de café amarillento (10YR 6/6) moderado a café amarillento oscuro (10YR 2/2) por el contenido de materia orgánica; selección moderada, granos subangulares a subredondeados, subesféricos a subelongados. Es común encontrar guijos redondeados de arenisca cuarzosa hasta de 30 cm y fragmentos de roca muy oxidados (Fotografía 13).



**Fotografía 13.** Cantos rodados de arenisca, de tamaño entre bloques y guijos, con arena media, color naranja. Río Tame. Estación WCR-0079, 1 201 426 m.N y 926 35 m.E.

## 4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En la Plancha 138-Tame, se han diferenciado tres zonas con diferente estilo tectónico. La occidental, está limitada al oriente por la Falla Guaicáramo, caracterizada por gran compresión, donde la Cordillera se desplazó hacia el occidente y las rocas de este sector sufrieron plegamientos y posteriormente ruptura, quedando una serie de monoclinales. La segunda zona, comprendida entre la Falla Guaicáramo y la Falla del Borde Llanero, presenta amplios pliegues, limitados por Fallas inversas o de cabalgamiento. La zona más oriental, limitada por la Falla del Borde Llanero, en superficie presenta zonas planas y en subsuelo según líneas sísmicas, los estratos del terciario, se encuentran horizontales a subhorizontales. Teniendo en cuenta lo anterior, se describirán las zonas mencionadas (Figura 10).

### 4.1 ZONA OCCIDENTAL DE GRAN COMPRESIÓN

En la zona de gran compresión (zona Occidental) se diferencian una serie de monoclinales, separados por fallas inversas o de cabalgamiento, las cuales afectan a la secuencia de rocas Cretácicas y cenozoicas. Los bloques monoclinales de occidente a oriente son: Bachira, Mortinal, Uruguay, Culaticas, La Laja, Colorada, Tuneba, Salitre, Tocaragua y Tate.

#### 4.1.1 Monoclinal Bachira

Está localizado en la parte Noroccidental del área, (A1, A2 y B2). Las capas de la Serie Río Negro – Une llevan una dirección N45°W e inclinadas hacia el NE entre 35° a 50°. Esta estructura se prolonga hacia el norte en la Plancha 123 – Saravena.

#### 4.1.2 Monoclinal Mortinal

Se encuentra localizado en la parte occidental del área (B1 a H1); las capas de esta estructura llevan una dirección NS buzando hacia el E entre 30° a 40°. En el corte geológico se ha interpretado un espesor aproximado mayor a 2500 m para esta estructura, la cual se prolonga hacia el norte en la Plancha 123 – Saravena.

#### 4.1.3 Monoclinal Uruguay

Localizado al occidente del área (B1, B2, C1, C2, D1, E1, F1, G1 y H1). Las capas de esta estructura llevan una dirección general N5°E, buzando hacia el Este y se encuentra

limitado al occidente por la Falla Mortinal y al oriente por la Falla Uruguay. Para esta estructura se propone un espesor aproximado de 1500 m.

### **4.1.4 Monoclinal Culaticas**

Está localizado hacia el noroccidente del área, (A2, A3, B2, B3, C2 y C3); sus estratos llevan una dirección N15°W, buzando hacia el suroccidente y está limitado al occidente por la Falla Culaticas y al oriente por la Falla Chucarima. Esta estructura se prolonga hacia el norte en la Plancha 123 – Saravena.

### **4.1.5 Monoclinal La Laja**

Localizado al noroccidente del área, (A3, A4, B3, B4 y C4). La secuencia asociada a esta estructura, lleva una dirección en la parte sur casi E-W, mientras que en la parte central y norte cambia a N5°E buzando al sur y al noroccidente entre 25° y 35°. Está limitado al oeste por la Falla Chucarima, al Sur por la Falla Uruguay y al Este por la Falla La Laja. Esta estructura se prolonga hacia el norte en la Plancha 123 – Saravena.

### **4.1.6 Monoclinal Colorada**

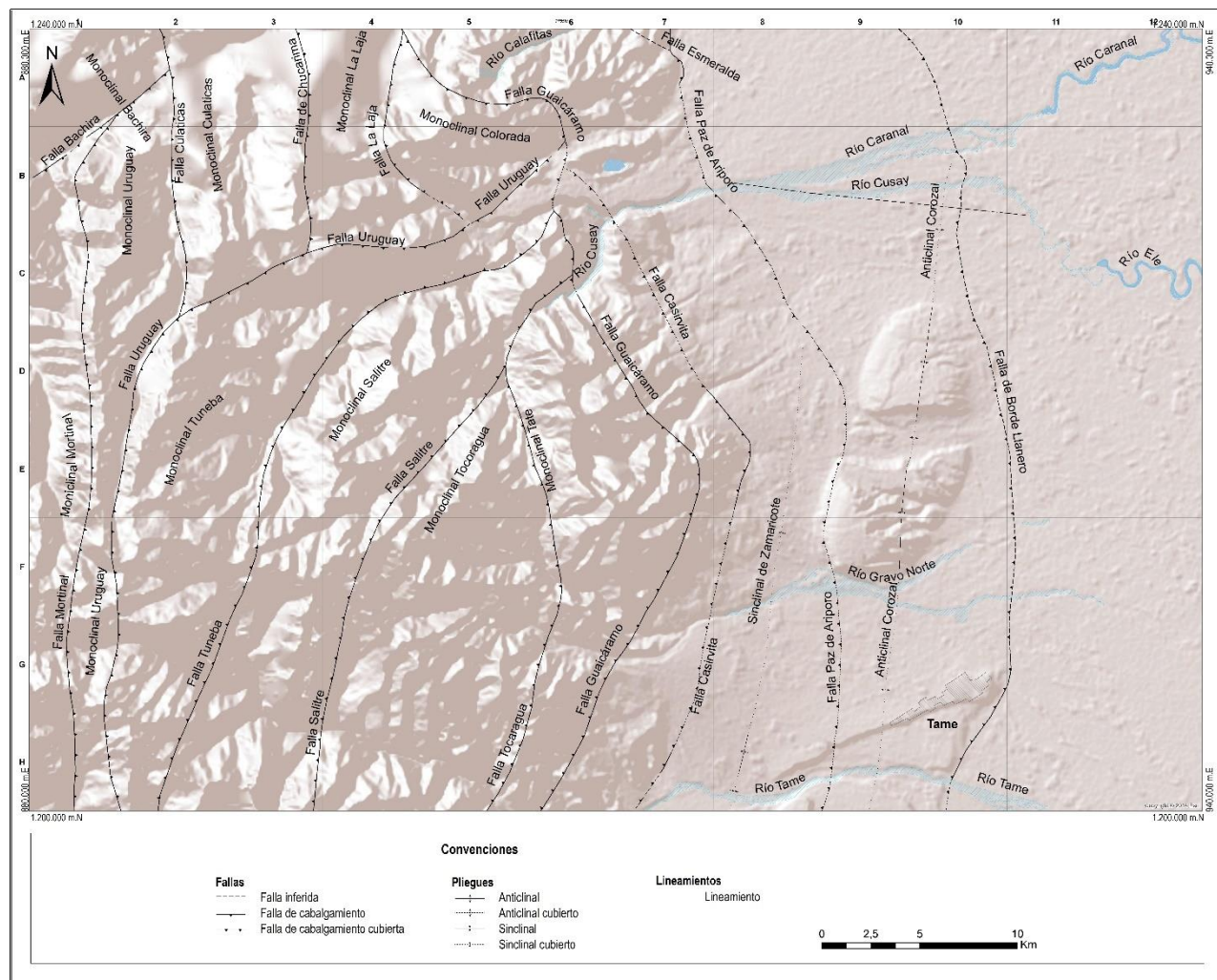
Se encuentra localizado al noroccidente, (A4 a A6 y B4 a B5). La secuencia asociada a esta estructural lleva una dirección N70°E, buzando hacia el suroccidente entre 25° a 35°. Está limitado al oeste por la Falla La Laja, al noreste por la Falla de Guaicáramo y al sureste por la Falla Uruguay.

### **4.1.7 Monoclinal Tuneba**

Localizado al Oeste de la plancha (C3 a C5, D2, D3, E2, E3, F2, F3, G1, G2, H1 y H2), la secuencia asociada a la Serie de Río Negro - Une presentan una dirección N15°E, en su parte sur-central y giran a dirección N50°E, buzando hacia Este entre 25° y 35°. Se encuentra limitado al occidente por la Falla Uruguay y al oriente por la Falla Tuneba. Su espesor aproximado es de 2500 m, con base en el corte geológico (Anexo M). Se prolonga hacia el Sur en la Plancha 154 – Hato Corozal.

### **4.1.8 Monoclinal Salitre**

Se localiza en la parte central del área de gran compresión, (C5, C6, D4 y D5); sus estratos en la parte Sur central llevan una dirección N15°E y en la parte norte giran a 50° al NE. Se encuentran inclinados hacia el noroccidente entre 25° y 40°. Está limitado al occidente por la Falla Tuneba y al oriente por la Falla Salitre. Con base en el corte geológico se calcula un espesor aproximado de 4.000 m, interpretando plegamientos en profundidad en la secuencia la Serie Río Negro – Une.



**Figura 10.** Esquema estructural de la Plancha 138 – Tame.

*Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano.*

*Plancha 138 – Tame. Memoria Explicativa*

### 4.1.9 Monoclinal Tocoragua

Está localizado en la parte oriental del área de gran compresión (C4, C5, F4, F5, G4, G5 y H4 y H5); las secuencias de la Serie Río Negro - Une llevan una dirección general N20°E, con inclinaciones entre 25° y 35°. Se encuentra limitado al occidente por la Falla Salitre y al oriente por la Falla Tocoragua. Esta estructura se prolonga hacia el sur en la Plancha 154 – Hato Corozal.

### 4.1.10 Monoclinal Tate

Localizado en la parte oriental de la zona de gran compresión (D6, E6, E7, F6, F7, G6 y H6). Sus estratos en la parte sur central llevan una dirección N20°E y van girando en la parte central-norte al N5° y sus capas buzcan hacia el occidente. Se encuentra limitado al oriente por la Falla de Guaicáramo y al occidente por la Falla Tocoragua. En el corte interpretativo es espesor parece ser mayor a 3.000 m, con replegamientos en profundidad para la Serie Río Negro – Une. La estructura se prolonga hacia el sur en la Plancha 154 – Hato Corozal.

### 4.1.11 Falla Bachira

En el área esta falla se localiza en el sector noroccidental, en la parte alta del río Bachira (A1, A2 y B1). Lleva una dirección general N45°E y presenta una inclinación hacia el suroriente, separando los monoclinales Mortinal y Uruguay del Monoclinal Bachira.

### 4.1.12 Falla Mortinal

La Falla Mortinal se presenta hacia el Oeste del área (B1 a H1) y presenta una dirección general N5°W a N7°E. La estructura recorre la plancha casi completamente, prolongándose desde el sur en la Plancha 154 – Hato Corozal. Separa los monoclinales Mortinal y Uruguay y por ser un poco sinuosa puede corresponder a una falla de cabalgamiento.

### 4.1.13 Falla Culaticas

Se localiza al noroccidente del área (A2, B2 y C2). Lleva una dirección en la parte sur N5°E, para prolongarse hacia el norte en la Plancha 123 -Saravena. Se encuentra inclinada hacia el oriente y separa los monoclinales Uruguay de Culaticas.

### 4.1.14 Falla Uruguay

Es una falla de gran extensión, 40 km en la plancha y se prolonga hacia sur en la plancha 154. En la parte centro sur, lleva una dirección N5°W, girando a N5°E, y en la parte norte, presenta una dirección N70°E a N80°E. El giro de la falla de N5°E a N70°E – N80°E, muestra un trazo semicircular indicando un gran desplazamiento del monoclinal

en dirección NE y se puede considerar una falla de cabalgamiento, inclinada hacia el sur oriente. La falla trunca en la parte norte a las fallas Culaticas, Chucarima y La Laja.

### **4.1.15 Falla de Chucarima**

En la plancha esta Falla se localiza en la parte NW, cuadrículas A3, B3 y C3. Presenta una dirección N5°E, es semiparalela a la Falla Culaticas, separa los monoclinales Culaticas y Las Lajas.

Según Salinas *et al.* (1999), es una falla regional inversa, con inclinación hacia el SW, con un rango de gran desplazamiento, que pone en contacto rocas de Paleozoico inferior (Formación Silgará) con unidades del Paleógeno (Formación Mirador), en la Plancha 122 – Chucarima, por lo que se considera de edad posterior al Eoceno.

### **4.1.16 Falla Tuneba**

Esta falla es semiparalela a la Falla Uruguay y separa los monoclinales Tuneba y Salitre. Se ha interpretado con buzamiento hacia el NW y por su trazo puede corresponder a una falla de cabalgamiento.

### **4.1.17 Falla Salitre**

Se encuentra hacia el centro de la zona de gran compresión (cuadrículas D5, C4, C5, F4, G4 y H3). Lleva una dirección N5°E a N25°E. En la plancha tiene una extensión de 25 km y se prolonga al sur a la Plancha 154 – Hato Corozal. Pone en contacto los monoclinales Salitre y Tocoragua y es truncada en su parte norte, por la Falla de Tocoragua.

### **4.1.18 Falla Tocoragua**

La Falla Tocoragua se presenta en la zona central de la plancha (cuadrículas E6 a G6 y H5), en la parte sur lleva una dirección N15°E, girando a N15°W y en la parte norte a N10°E. Tiene una extensión de unos 25 km y al sur se prolonga en la Plancha 154 – Hato Corozal. Al norte es truncada por la Falla Guaicáramo.

### **4.1.19 Falla Esmeralda**

Se localiza en la parte Norte de la Plancha, con una dirección N70°W afectando rocas de la Formación Caja hasta ser truncada por la falla Paz de Ariporo, hacia el Norte continua en la Plancha 123-SAravena hasta ser truncada por la Falla de la Loma de San José-Guaicáramo.

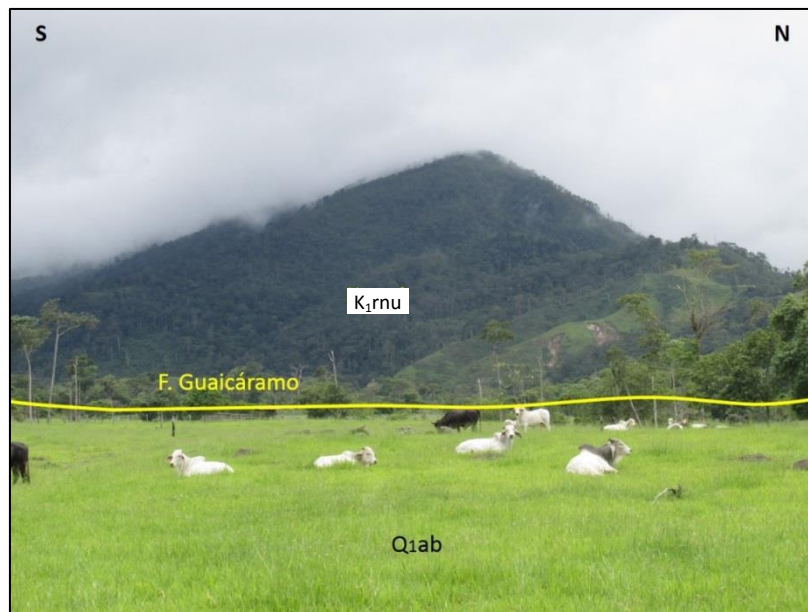
#### 4.1.20 Falla La Laja

Se encuentra en el sector NW de la plancha (A4, B4 y B5). Tiene una extensión de unos 10 km y es truncada al sur por la falla Uruguay y al norte por la Falla Guaicáramo. En su parte sur, lleva una dirección N45°W, girando a N5°E. Se ha interpretado como falla de cabalgamiento, inclinada hacia el SW y NW.

#### 4.1.21 Falla Guaicáramo

La Falla Guaicáramo se encuentra localizada en la parte central de la Plancha 138 - Tame, extendiéndose desde el sur (H6), con una dirección N40°E, girando a N20°W y posteriormente en la parte norte de la plancha, N70°E a N45°E. Tiene una extensión de 46 km. Se prolonga en la parte sur a la plancha 154 y en la parte norte, a la plancha 123. Trunca a las fallas Salitre, Tuneba, Uruguay y La Laja.

En la vereda Altamira (G7) del municipio de Tame, se observan colinas alineadas en sentido SW–NE, junto a una serie de silletas de igual comportamiento, que indican el trazo de la Falla Guaicáramo afectando rocas del Cretácico de la Serie Rio Negro – Une (Fotografía 14).



**Fotografía 14.** Trazo de la Falla Guaicáramo. Estación SMC-0084, 1 209 582 m.N y 913 159 m.E.

Segovia & Renzoni (1965), mencionan una falla inversa de gran magnitud que limita la parte oriental de la Serranía de Las Palomas, la estructura regionalmente se encuentra localizada en los departamentos de Casanare y Arauca, se ubica entre las fallas de Pajarito y Yopal y continúa hacia el norte aproximándose a la Falla Chucarima, tomando

como referencia algunos reportes de compañías petroleras, la denominan Falla Guaicáramo.

Para Fabre (1986), esta falla presenta una orientación NNE y su plano de falla se encuentra buzando al Oeste, en un trazo sinuoso, el cual produce un cabalgamiento del bloque occidental de rocas cretácicas sobre el oriental de rocas neógenas.

### 4.2 ZONA CENTRAL DE PLIEGUES AMPLIOS

Está limitada al Occidente por la Falla Guaicáramo y al Oriente, por la Falla del Borde Llanero. Por estar cubierta por depósitos cuaternarios de abanicos y aluviales recientes, las fallas y estructuras que se diferenciaron en la Plancha 154 – Hato Corozal se han prolongado a esta plancha, infiriéndolas de acuerdo con la dirección que presentan.

#### 4.2.1 Anticlinal Corozal

Este anticlinal lleva una dirección N10°E, es un amplio pliegue, suave, de 9 km de longitud, simétrico, con sus flancos inclinados entre 3° a 5°, el flanco Oeste está poco disectado, en contraste con su charnela y el flanco Este que están cortados por drenajes que corren hacia el Este, es afectado al occidente por la Falla Paz de Ariporo y al oriente por la Falla del Borde Llanero. Se encuentra entre las veredas Sabana de Angosturas (F9) y Cabalalía (C10). Está cubierto por depósitos cuaternarios al sur del río Cravo Norte y en la parte norte por depósitos de abanicos y cuaternarios aluviales recientes. Esta truncado en la parte norte por la Falla del Borde Llanero.

Según Reyes & Cardozo (2000), el eje de este anticlinal presenta una dirección NE; hacia el sector comprendido entre los ríos Casanare y Tocoragua, en la Plancha 154 – Hato Corozal. La estructura toma una dirección N-S y afecta rocas del Neógeno de la Formación Caja y depósitos cuaternarios del piedemonte. La estructura es de gran extensión.

#### 4.2.2 Sinclinal de Zamaricote

Según Reyes & Cardozo (2000), el trazo de esta estructura es inferido con una dirección NE que hacia el norte presenta una ligera desviación al oeste, para tomar un rumbo N-S. En sus flancos afloran las formaciones Caja y La Corneta.

En la Plancha 174 – Paz de Ariporo, la estructura es muy amplia y lleva una dirección general N10°/15°E. Se ha prolongado a esta plancha, infiriéndola en la misma dirección, y es probable que tenga una extensión entre unos 20 a 25 km. En la línea sísmica AU8614 (línea 4 del Atlas sísmico), este sinclinal se encuentra afectado por las fallas Casirvita por el occidente, Paz de Ariporo por el oriente y en la parte central de la plancha estaría truncado por la falla Paz de Ariporo.

### 4.2.3 Falla Casirvita

Es cartografiada por Wilson (1955) con el nombre de Falla Casirvita, se localiza en el centro de la plancha, está cubierta por depósitos de aluviales recientes y su trazo ha sido inferido. En la parte sur es posible que lleve una dirección N20°E y sea truncada por la Falla Guaicáramo. En la línea sísmica AU8614, línea 4 del Atlas sísmico, la falla se puede observar con una inclinación de unos 15° hacia el Oeste y correspondería a una falla inversa (Anexo M).

### 4.2.4 Falla Paz de Ariporo

La Falla Paz de Ariporo atraviesa la Plancha 154 – Hato Corozal de Sur a Norte, con una dirección 5°E. En esta plancha se encuentra cubierta por abanicos aluviales y su trazo ha sido inferido, teniendo en cuenta la línea sísmica antes mencionada y los cambios morfológicos de las pendientes de los abanicos. En la parte sur central, parece llevar una dirección N3°E, girando hacia el N40°E. En la línea sísmica se encuentra inclinada unos 20° hacia el Oeste y correspondería a una falla inversa (Anexo M).

### 4.2.5 Falla del Borde Llanero

Se presenta hacia el Este del área, cerca de la cabecera municipal de Tame (H9), se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios de llanuras aluviales y aluviales recientes de los ríos cercanos. Su trazo se ha delimitado teniendo en cuenta que en la Plancha 174 – Paz de Ariporo se logró seguir por todo la plancha. Además, teniendo en cuenta la línea sísmica AU8614 y el cambio morfológico entre los abanicos aluviales y la zona plana de los Llanos Orientales se efectuó su trazo.

Fotogeológicamente, entre las localidades de Hato Corozal y Tame, se observan plegamientos y basculamiento de los depósitos cuaternarios por la propagación de ésta, a lo largo de su longitud posiblemente se trata de una falla ciega que ha producido un escarpe de flexura en superficie. Esta falla pone en contacto unidades del Mioceno – Pleistoceno con las unidades cuaternarias.

Reyes & Cardozo (2000), la denominan como Sistema de Fallas del Borde Llanero, constituida por varias fallas subparalelas con una extensión de centenares de kilómetros en dirección NE-SW y posiblemente al norte se une con la Falla de Boconó, a través del sistema de Chucarima – Chitagá. Regionalmente, los planos de falla buzan hacia el oeste con ángulos bajos, con el bloque occidental levantado; presenta movimiento inverso con una componente de rumbo dextral y una extensión superior a los 200 km.

### 4.3 ZONA LLANOS ORIENTALES

Está limitada al occidente por la Falla del Borde Llanero y en superficie presenta zonas planas cubiertas por pastos y en subsuelo, de acuerdo con las líneas sísmicas, las rocas del Neógeno se encuentran horizontales a subhorizontales.

### 4.4 NEOTECTONICA

En la plancha 138 Tame se han evidenciado efectos neotectónicos con fallamiento y plegamiento, los cuales describiremos de Oeste a Este.

Falla de Chucarima: Paris *et al.* (2000), han catalogado esta falla como neotectónica en toda su extensión. En la plancha, la falla presenta trazos sinuosos, indicándonos que se trata de una falla de cabalgamiento, inclinada al oeste. En las estribaciones del río Cusay y sus afluentes no se observaron efectos neotectónicos en los cuaternarios, aluviales antiguos (Q1al) y Aluviales recientes (Q2al).

Sinclinal de Zamaricote: En la plancha se encuentra cubierto por abanicos que no se encuentran plegados, sin embargo, en la cuadrícula H8 los depósitos de la Formación La Corneta del Cuaternario, se encuentran plegados.

Anticlinal Corozal: Aflora en las cuadrículas C9, C10, D9, D10, E9, E10 y F9 y corresponde a un anticlinal de amplio radio, suavemente plegado, en donde las sedimentitas de la Formación La Corneta del Cuaternario se encuentran en ambos flancos.

Falla del Borde Llanero: Paris *et al.* (2000), han definido esta falla como neotectónica en toda su extensión. En la plancha de Tame, la falla atraviesa la falla de norte a sur y coloca en contacto Abanicos inferiores con depósitos de planicies aluviales, dando un escarpe que se puede catalogar como producido por efectos tectónicos. Sin embargo, será conveniente efectuar en esta falla trabajos de neotectónica que corroboren lo anterior.

## 5 GEOLOGÍA ECONÓMICA

En el área de la Plancha 138 - Tame, actualmente no hay explotaciones activas de depósitos minerales de interés económico. El aprovechamiento de los recursos minerales en el Piedemonte Llanero está orientado a la exploración de minerales energéticos como los hidrocarburos y en la actualidad se enfoca en la explotación de materiales de construcción (gravas y arenas), en proximidad al casco urbano del municipio de Tame (Arauca), tanto de manera artesanal como semi-industrial.

### 5.1 HIDROCARBUROS

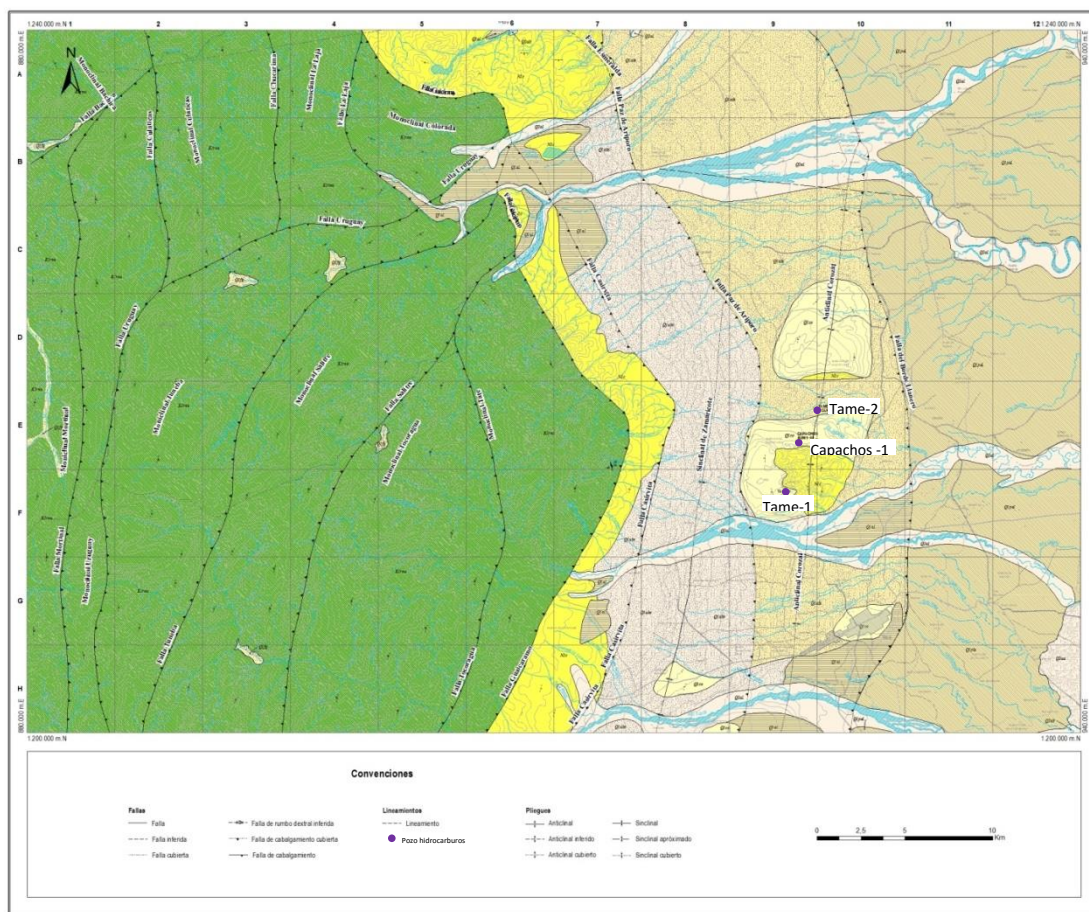
La zona del Piedemonte Llanero y los Llanos Orientales ha sido objeto de estudios de exploración de hidrocarburos, los cuales fueron adelantados por varias compañías petroleras (*Shell, British Petroleum, Ecopetrol, Equion, Repsol*, entre otras).

Dentro de la Plancha 138 – Tame, se encuentra parte del bloque LLA 4 de la empresa Ecopetrol S.A, que tiene una extensión de 823 ha, en la cuenca de Los Llanos Orientales. El bloque, clasificado como yacimiento descubierto pero no desarrollado (YDND), forma parte de las licencias de exploración y producción que impulsa la ANH y el Ministerio de Minas y Energía, para realizar trabajos de adquisición, procesamiento e interpretación de geoquímica, estratigrafía, modelamiento, reprocesamiento y sensores remotos.

Los pozos exploratorios Capachos – 1, Capachos Sur – 1 y Tame – 1, localizados en la Plancha 138 – Tame (Figura 11), están ubicados en inmediaciones de la vereda Angosturas, cerca de la quebrada La Macaguana (cuadrícula E10) y el eje del Anticlinal de Tame (E9, F9).

### 5.2 MINERALES INDUSTRIALES

Entre los minerales industriales que son de interés en el área de la plancha se incluyen los agregados pétreos, arcillas y calizas descritas a continuación.



**Figura 11.** Localización de los pozos exploratorios del campo LLA 4, Plancha 138 – Tame.

### 5.2.1 Agregados pétreos

El principal sector donde se evidencia la explotación de agregados pétreos es en la vereda Santa Elena, municipio de Tame (F9, G9), donde algunas empresas realizan explotación a pequeña escala del material de los abanicos aluviales; sobre los cuales se encuentran algunas canteras pequeñas de hasta 20 m de altura (Fotografía 15), donde la comunidad se beneficia de la explotación artesanal de bloques y gravas de composición cuarzosa.

En las márgenes del río Cravo Norte en los sectores de las veredas Santa Elena (Fotografía 16) y Santa Inés (F11) se realizan explotaciones a mediana escala de los depósitos aluviales, donde el tipo de material explotado corresponde a cantos rodados, redondeados a subesféricos, de diámetro entre 0,10 a 0,60 m, de arenisca cuarzosa.



**Fotografía 15.** Bloques y cantos de arenisca que se explotan en la Cantera Mararabe, vereda Santa Elena, municipio de Tame. Estación WCR-0096, 1 206 146 m.N 923 103 m.E.



**Fotografía 16.** Detalle del material de arrastre explotado en el río Cravo Norte, vereda Santa Elena, municipio de Tame. Estación WCR-0093, 1 210 783 m.N y 923 870 m.E.

### **5.2.2 Arcillas**

El material fino que se encuentra asociado a los depósitos aluviales así como a la parte distal de los abanicos, podría ser aprovechado en la fabricación de cerámicas, baldosas, ladrillos, entre otros. Los resultados de DRX indican un contenido de caolinita entre 30 y 35% que podría ser económicamente explotable.

### **5.2.3 Calizas**

A lo largo del río Tate o Gallinaza en la secuencia cretácica, afloran calizas ligeramente glauconíticas con espesor estimado de 20 m. Los cantos rodados de calizas presentes en este río son aprovechados en la producción de cal en el municipio de Tame (Reyes & Cardozo, 2000).

## 6 SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

Los sitios de interés geológico identificados en la Plancha 138 – Tame son los siguientes:

- Parque Nacional Natural El Cocuy: está localizado al Oeste de la plancha, se puede acceder por el municipio de Güicán, en este sector se presentan cambios abruptos de altura desde los 3 000 msnm hasta los 4 200 msnm, donde se encuentra la secuencia estratigráfica de areniscas plegadas de la Serie Rio Negro – Une. Además, se observan depósitos de morrenas y localmente escarpes de alto ángulo.
- Zona del Piedemonte de la Cordillera Oriental: colinas residuales localizadas al Oeste del municipio de Tame, son zonas de transición entre la cordillera y la zona plana, a estos sectores se accede por la zona urbana del municipio y por la vereda Angosturas. En estas zonas se observan cambios de altura entre los 700 hasta 1 100 msnm. Son colinas de contraste alto, laderas suaves y onduladas, suavemente inclinadas con topes redondeados.
- El Anticlinal de Corozal, está cubierto por depósitos cuaternarios al sur del río Cravo Norte y en la parte norte por depósitos de abanicos y cuaternarios aluviales recientes. Está truncado en la parte norte por la Falla del Borde Llanero, es simétrico y sus flancos tienen inclinaciones entre 3° y 5°.

## 7 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

En la Plancha 138 – Tame, el modelo evolutivo se encuentra enmarcado dentro de los eventos tectonoestratigráficos que dieron origen a la formación de las cuencas de La Cordillera Oriental y Llanos Orientales, en el flanco este de la cordillera. Estas cuencas caracterizan en el área dos zonas una montañosa de alta pendiente al Oeste y otra plana de llanura al Este.

En la cuenca de los Llanos Orientales, en el Paleozoico por efecto de una tectónica distensiva se originan áreas bajas limitadas por fallas normales en toda su margen occidental, incluida la parte central de Arauca. En este periodo se depositaron sedimentos directamente sobre el basamento ígneo metamórfico del escudo de la Guyana (Ecopetrol & Beicip, 1995).

Posteriormente ocurre un episodio compresivo, que origina una inversión tectónica y el levantamiento de la Cuenca de los Llanos Orientales, dando origen al plegamiento, fallamiento inverso y exhumación de la secuencia paleozoica; este evento corresponde con la orogenia hercínica del Paleozoico superior (Irving, 1971).

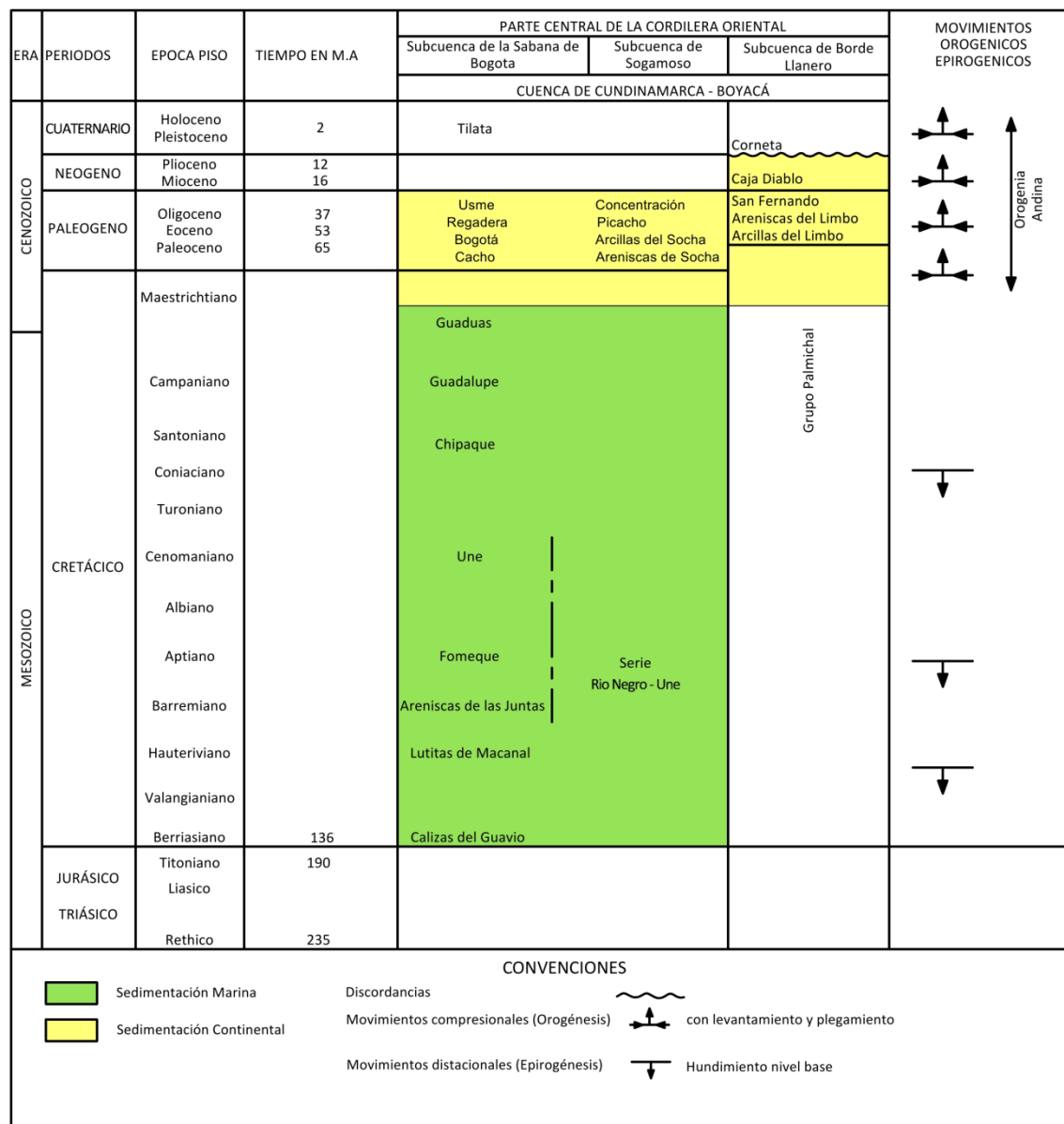
En el Triásico – Jurásico, esta zona corresponde a una cuenca de tipo rift con una subsidencia tectónica, detrás de un arco volcánico localizado detrás de la presente Cordillera Central.

Durante parte del Cretáceo la cuenca permaneció emergida y solo desde el Albiano - Cenomaniano, se registra la inmersión de la cuenca y el inicio de la deposición de sedimentitas, en principio de origen fluvial y posteriormente en respuesta a un nivel eustático del mar, de origen marino (Figura 12).

El Cretácico se caracteriza por una fase de extensión en la zona actual de la Cordillera Oriental, el adelgazamiento litosférico que permitió la formación de la subsidencia del graben del Cocuy-Cáqueza de dirección NNE, inscrito entre el borde este de la Cordillera Central y la paleofalla de Guaicáramo (Fabre, 1983). En este graben se depositan unidades sedimentarias de composición principalmente silíceas que reflejan una deposición en un ambiente marino somero y reposan concordantemente entre sí, con pequeñas fluctuaciones en el nivel del mar, en estos tipos de ambiente se deposita la Serie Rio Negro - Une, con evidentes cambios de tamaño de grano, dentro de una misma unidad. En el área se presentan múltiples fallas de cabalgamiento que ponen a

## SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

las unidades más antiguas sobre las recientes, dichas fallas fueron originadas por movimientos compresivos durante el Mesozoico y parte del Cenozoico, probablemente relacionados con el choque de las placas Caribe y Nazca con la de Suramérica.



**Figura 12.** Periodos sedimentarios y movimientos de compresión y distensión de la parte centro oriental de la Cordillera Oriental (modificado de Ulloa & Rodríguez, 1976).

En el Paleógeno se inició el retiro del mar cretáceo que culminó en el Paleoceno en la mayor parte de la Cordillera Oriental, con excepción de algunas zonas como el Borde Llanero que continuó con sedimentación marina hasta el Mioceno. De otra parte la

inestabilidad tectónica de la cordillera, previa al levantamiento andino, ocasionó hiatos y frecuentes discordancias en el Cenozoico. Durante este periodo se depositaron unidades de ambiente continental fluvial, Diablo y Caja.

Durante el Mioceno Temprano hasta el reciente esta cuenca se separó de la cuenca del Magdalena Medio por el levantamiento de la Cordillera Oriental, definiendo su forma y extensión actual.

En el Mioceno Medio y Superior ocurre la última fase de compresión e inversión, en el proceso de deformación y plegamiento de los sedimentos de la cordillera oriental, en el área se formaron cabalgamientos con vergencia al SE (Cooper *et al.*, 1995). Durante esta edad se levantaron los anticlinales y los sinclinales permanecieron bajos, en esta fase antiguas fallas normales de dirección N-S, formadas durante la fase de extensión, fueron reactivadas como fallas inversas y definieron la posición de ciertos anticlinales, en este periodo se deposita la Formación Caja (Fabre, 1981).

Durante el Plioceno – Pleistoceno se deposita la Formación La Corneta y el frente de la Cordillera Oriental fue desplazado aproximadamente 25 km de manera sinistral a lo largo de la Falla de Chucarima. Este movimiento explica porqué el eje de subsidencia del graben Cocuy-Cáqueza está desplazado con relación al eje del Surco Uribante.

Las estructuras presentes en el área son el producto final de la Orogenia Andina, durante la cual se levantó y deformó la Cordillera Oriental.

Los movimientos y deformaciones de la corteza terrestre, la actividad tectónica y climática durante el Cuaternario, contribuyó a la formación de los abanicos aluviales y aluviones que rellenan los valles de algunos ríos y quebradas donde se depositaron principalmente arenas y gravas.

## 8 CONCLUSIONES

El amplio rango altitudinal presente en el área está entre 130 msnm hasta los 4 200 msnm, este factor es determinante para la caracterización morfodinámica del área; en las distintas geoformas se evidencian las marcas de los diferentes procesos denudacionales recientes. Básicamente se enmarcan en los ambientes morfogenéticos estructural, denudacional y fluvial; divididos en las unidades geomorfológicas: espinazo, facetas triangulares, estructural plegado denudado, colina residual, colinas aplanadas, abanico aluvial, terrazas de acumulación y planicie y llanura de inundación.

Parte del área de la plancha, está conformada por rocas sedimentarias cretácicas, de la Serie Rio Negro - Une. Hacia la zona este se presentan rocas neógenas de la Formación Caja, rocas cuaternarias de la Formación La Corneta, cubiertas localmente por depósitos pleistocénicos y holocénicos.

Los depósitos cuaternarios, ocupan cerca del 45% del área de la plancha, conforman los depósitos fluvioglaciares, abanicos superiores e inferiores, depósitos aluviales antiguos y recientes, planicies aluviales recientes y depósitos aluviales en llanuras Inundación, conformados por sedimentos no litificados, transportados por los ríos Tame, Cravo Norte y Cusay.

Predomina una tectónica de compresión, manifestada en los dos sistemas de fallas regionales Guaicáramo y Borde Llanero, de dirección NNE. La Falla Guaicáramo se encuentra localizada hacia el centro de la plancha, dividida en dos tramos, el primero atraviesa, de sur a norte, en sentido N25°E, a lo largo de 20 km y luego deflece en un segundo tramo de dirección N30°W, con longitud de 22 km. La Falla Guaicáramo pone en contacto rocas del Cretácico, con las rocas del Neógeno. La Falla del Borde Llanero se presenta hacia el Este del área, esta falla pone en contacto unidades del Mioceno – Pleistoceno con las unidades cuaternarias.

Los plegamientos regionales, Sinclinal de Zamaricote y el Anticlinal de Tame, con ejes alineados N-S, presentan movimientos relativamente recientes, con actividad neotectónica hasta tectónica activa, que se ve en los depósitos cuaternarios de la Formación La Corneta. Estos pliegues son amplios y abiertos.

Existen algunas explotaciones artesanales de agregados pétreos a pequeña escala asociadas a los abanicos aluviales. Ocurrencias observadas en campo de materiales de construcción, se relacionan al material de arrastre de los ríos Tame y Cravo Norte.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRERO, D., DUQUE-CARO, H., ARANGO, J., KASSEM, T., & ZAMBRANO, F. (1976). Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:1 500 000. Bogotá: INGEOMINAS.
- CARVAJAL, J. (2011). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica de Colombia. Bogotá: INGEOMINAS.
- COOPER, M., ADDISON, F., ALVAREZ, R., CORAL, M., GRAHAM, R., HAYWARD, A., & TABORDA, A. (1995). Basin development and tectonic history of the Llanos basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia. The American Association of Petroleum Geologist - AAPG Bulletin, 79(10), 1421-1443.
- DE PORTA, J. (1974). *Léxico Estratigráfico. Amerique Latine, Colombie (deuxième partie), Tertiaire et Quaternaire* (Vol. V Fascicule 4b). Union Internationale des Sciences Geologiques.
- DIEDERIX, H., & ROMERO, J. (2009). Sistema de Fallas del Frente Oriental Andino, Atlas de Deformaciones Cuaternarias de Los Andes. Canadá.
- ECOPETROL, & BEICIP. (1995). Cuenca de los Llanos Orientales, Estudio Geológico Regional, Volumen 1, Text, 198 p. Santafé de Bogotá.
- FABRE, A. (1981). Geología regional de la Sierra Nevada del Cocuy Plancha 137 - El Cocuy. Bogotá: INGEOMINAS.
- FABRE, A. (1983). Geología de la Plancha 153 - Chita. Bogotá: Ingeominas.
- FABRE, A. (1985). Dinámica de la sedimentación cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental). En Proyecto Cretácico, Publicación Geología Especial (págs. 1-20). Bogotá: Ingeominas.
- FABRE, A. (1986). Geologie de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillère Orientale) de Colombie). Tesis Ph.D. No 2217. Universidad de Genève.
- FOLK, R., (1974). Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company 190 p. Austin Texas.

## SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

- GÓMEZ, J., NIVIA, Á., MONTES, N. J., SEPÚLVEDA, J., GAONA, T., OSORIO, J., . . .  
VELÁSQUEZ, M. (2007). Atlas Geológico de Colombia. Escala 1:500 000. Bogotá:  
INGEOMINAS.
- INGEOMINAS. (1998). Sismotectónica de Colombia: Deformación Continental activa y  
Subducción. Bogotá.: INGEOMINAS.
- INGEOMINAS. (2007). Atlas Geológico de Colombia Plancha 5-10, Escala 1:500 000.  
Bogotá: INGEOMINAS.
- INGEOMINAS. (2010). Memoria Técnica Plancha 5-10 Mapa de Permeabilidades de  
Colombia, Escala 1:500 000. Bogotá: INGEOMINAS.
- IRVING, E. (1971). La evolución estructural de los Andes más septentrionales de  
Colombia.
- MONTOYA, D., NUMPAQUE, A., Martín, C., & ALCÁRCEL, F. (2013). Geología de la  
Plancha 193 - Yopal. Bogotá: INGEOMINAS.
- PARIS, G., MACHETTE, M., DART, R., & HALLER, K. (2000). Map and Database of  
Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions. U.S.  
Geological Survey Open-File Report 00-0284.
- RAMÍREZ, J. M. (2010). Indicadores sedimentológicos de la evolución tectónica durante  
el Mioceno en el Sinclinal de Nunchia. *Boletín de Geología*, vol. 32, n° 2, 16.
- REYES, G., & CARDOZO, A. M. (2000). Mapa Geológico Generalizado del Departamento  
de Arauca. Bogotá: INGEOMINAS.
- SALINAS, R., DACONTE, R., & ROYERO, J. (1999). Geología de la Plancha 122 - Río  
Cobugón. Bogotá: Ingeominas.
- SEGOVIA, A. (1963). The Geology of Plancha L-12 (Peralonso-Medina Area) of the  
geologic map of Colombia. Pennsylvania: Pennsylvania State University.
- SEGOVIA, A., & RENZONI, G. (1965). Geología del cuadrángulo L-12, Medina. Bogotá:  
Servicio Geológico Nacional e Inventario Minero Nacional. Mapa Geológico  
1:200.000.
- ULLOA & ARIAS (1998). Geología del área Yopal, Cocuy y Saravena. Documento interno.  
GEOSUR Ltda.
- ULLOA, C. & RODRÍGUEZ, E. (1976). Geología del Cuadrángulo K-13, Tauramena.  
Informe No. 1706, INGEOMINAS, Bogotá.

## SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, ANH, FONADE. (2009). Evaluación del Potencial Hidrocarburífero de las Cuencas Colombianas. Universidad Industrial de Santander.

VAN DER HAMMEN, T. (1958). Estratigrafía del terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos. Bogotá: Servicio Geológico Nacional, Boletín Geológico No 6.

WILSON H.H. (1955). Geological map of N.W Llanos mountain front between rio Burga (Venezuela) and rio Bananadia. Scale 1:100.000. CONCESIONARIA DE PETROLEO SHELL-CONDOR.